

**INVESTIGACIÓN DEL PROCESO DE RECICLAJE DE APARATOS ELECTRO-
ELECTRÓNICOS RAEE PARA EQUIPOS DE DE OFICINA, UTILIZANDO TECNOLOGÍAS
DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, TRANSFORMANDO RESIDUOS EN RECURSOS
APLICABLES EN EL DESARROLLO DE UNA FAMILIA DE OBJETOS CORPORATIVOS
PARA LA UNIVERSIDAD FEDERAL DE RIO DE JANEIRO. MODALIDAD DE PASANTÍA
DE INVESTIGACIÓN.**

JULIE ANDREA SALCEDO RINCÓN

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2011

**INVESTIGACIÓN DEL PROCESO DE RECICLAJE DE APARATOS ELECTRO-
ELECTRÓNICOS RAEE PARA EQUIPOS DE DE OFICINA, UTILIZANDO TECNOLOGÍAS
DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, TRANSFORMANDO RESIDUOS EN RECURSOS
APLICABLES EN EL DESARROLLO DE UNA FAMILIA DE OBJETOS CORPORATIVOS
PARA LA UNIVERSIDAD FEDERAL DE RIO DE JANEIRO. MODALIDAD DE PASANTÍA
DE INVESTIGACIÓN.**

JULIE ANDREA SALCEDO RINCÓN

**Proyecto de Grado para optar el Título de
Diseñadora Industrial**

DIRECTORES DE PROYECTO:

**JOHN FABER ARCHILA
ING. MECÁNICO
M.Sc. UFRJ**

**RICARDO MANFREDI NAVEIRO
ING. MECÁNICO
P-Dr NORTH CAROLINA UNIVERSITY**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FÍSICO-MECÁNICAS
ESCUELA DE DISEÑO INDUSTRIAL
BUCARAMANGA**

2011

DEDICATORIA

A Dios, porque es el dador de todas las cosas, quien me da las oportunidades y me muestra la luz en todos los momentos de mi vida.

A mis padres por su amor y dedicación, pero sobretodo porque siempre me impulsan con su ejemplo hacia la excelencia, perseverancia y la superación.

A mis hermanos por el apoyo y paciencia durante la culminación de mis estudios.

A mis abuelos porque siempre serán el ejemplo a seguir sobre lo que quiero en mi vida.

A mi familia porque su calidez y el cariño fueron un apoyo inmensurable en la distancia.

A Fabi por creer en mi, por su compañía, consejos, dedicación y apoyo en los momentos más difíciles. Sin él este proyecto no hubiera sido posible.

AGRADECIMIENTOS

La autora de este proyecto agradece a todas aquellas personas que aportaron a la realización de este trabajo:

Al profesor Ricardo Naveiro por la oportunidad que me dio de trabajar en su laboratorio, las puertas que me abrió y la confianza que depositó en mi desde el primer momento que llegué a Brasil, así como su dedicación y aporte metodológico en cada una de las etapas de diseño de este proyecto de investigación.

A João por la paciencia, ayuda y disposición para la construcción de los prototipos.

A mi profesor, John Faber Archila porque gracias a su disposición, apoyo y comprensión, este proyecto pudo ser culminado.

Al profesor Heloi Fernandes Moreira por su tiempo y gran aporte en la comprensión de la Historia de la Escola Politécnica, así como su calidez y disposición.

Al personal del Instituto de Macromoléculas IMA, por la paciencia y ayuda que me prestaron para el proceso de reciclado de las carcasas.

A mis amigos de siempre y a aquellos que Dios puso en mi camino a la distancia y que sin saberlo fueron parte de este proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	17
1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO.....	18
1.1 NOMBRE DEL PROYECTO.....	18
1.2 RESPONSABLES DEL PROYECTO.....	18
1.3 ENTIDADES INTERESADAS EN EL PROYECTO.....	18
1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	18
1.5 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO.....	19
1.6 OBJETIVOS.....	21
1.6.1 Objetivo General.....	21
1.6.2 Objetivos específicos.....	21
2. ESTADO DEL ARTE.....	22
2.1 DEFINICIÓN DE RAEE.....	22
2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS RAEE.....	23
2.3 COMPOSICIÓN DE LOS RAEE.....	24
2.4 COMPOSICIÓN Y AFECCIONES RELACIONADAS AL SER HUMANO.....	28
2.5 LEGISLACIÓN.....	34
2.5.1 Acuerdos Internacionales.....	34
2.5.2 Legislación en Colombia.....	42
2.5.3 Legislación en Brasil.....	44
2.6 ÁMBITO geográfico y aparatos eléctricos y electrónicos en estudio.....	45
2.7 RAEE en Colombia y Brasil. Situación.....	46
2.8 INICIATIVAS.....	47
2.8.1 Empresas en Colombia.....	48
2.8.2 Empresas en Brasil.....	50
2.9 CASO RIO DE JANEIRO. Universidade Federal do Rio de Janeiro.....	51

3.	MATERIAL POLIMÉRICO	53
3.1	POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS	53
3.1.1	Policloruro de Vinilo PVC	54
3.1.2	Acrilonitrilo – Butadieno – Estireno ABS.....	55
3.2	CONFORMADO DE TERMOPLÁSTICOS.....	56
3.2.1	Propiedades de los polímeros fundidos.....	56
3.2.2	Inyección.....	57
3.2.3	Moldes de Canal o Cámara Caliente.....	60
3.2.4	Extrusión	62
3.2.5	Protipado rápido FDM	63
3.3	UNIÓN DE PLÁSTICOS.....	63
3.4	ACABADOS PLÁSTICOS	63
4.	RECICLAJE DE RAEE.....	64
4.1	RECICLADO / RECUPERACIÓN DEL SISTEMA.....	65
4.1.1	División de la chatarra electrónica.....	65
4.2	RECICLAJE DE PVC Y ABS	72
4.3	RECOLECCIÓN DEL MATERIAL.....	73
4.4	TIPOS DE RECICLAJE DE PLÁSTICO.....	74
4.4.1	Identificación de polímeros.....	75
4.4.2	Reciclaje mecánica	77
4.4.3	Separación.....	78
4.4.4	Molienda	78
4.4.5	Lavado	79
4.4.6	Enjuague.....	79
4.4.7	Secado.....	80
4.4.8	Extrusión	80

5.	ENSAYOS DEL MATERIAL	81
5.1	QUEBRADO DE LA CARCASA Y PARTICIÓN PRIMARIA	81
5.2	MOLIENDA	83
5.3	IDENTIFICACIÓN DEL POLÍMERO	85
5.4	EXTRUSIÓN DEL MATERIAL.....	85
5.5	PELLETIZADO.....	88
5.6	MELT FLOW INDEXER (MFI). ÍNDICE DE FLUIDEZ.....	89
5.7	RESULTADOS.....	91
6.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE DISEÑO	92
6.1	REQUERIMIENTOS DE DISEÑO	92
6.1.1	Aspectos Humanos	92
6.1.2	Aspectos técnicos	92
6.1.3	Aspectos Formal–Estéticos	93
6.1.4	Aspectos Expresivos – Formales	94
7.	DISEÑO DEL PRODUCTO	95
7.1	CONCEPTO DE DISEÑO	95
7.2	PERFIL DEL USUARIO.....	95
7.3	PLANTEAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS	95
7.4	ALTERNATIVAS DE DISEÑO	96
7.5	SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA	103
7.5.1	Evaluación de alternativas por el Método de Pugh (DATUM)	106
7.5.2	QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT) aplicado a las propuestas derivadas de la lluvia de ideas.....	107
7.5.3	QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT) aplicado a las propuestas derivadas de la lluvia de ideas.....	108
7.5.4	QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT) aplicado a las propuestas derivadas de la lluvia de ideas.....	109

7.5.5	QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT) aplicado a las propuestas derivadas de la lluvia de ideas.....	110
7.5.6	QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT) aplicado a las propuestas derivadas de la lluvia de ideas.....	111
7.5.7	QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT) aplicado a las propuestas derivadas de la lluvia de ideas.....	112
8.	EVOLUCIÓN DE LA ALTERNATIVA.....	114
9.	ECODISEÑO.....	118
9.1	SISTEMA DEL PRODUCTO	118
9.2	ASPECTOS AMBIENTALES	119
9.3	MATRIZ MET	120
9.4	ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD EN SOLID WORKS® 2010.....	121
9.4.1	Porta-clips	121
9.4.2	Porta-tarjetas.....	122
9.4.3	Portavasos	122
10.	VALIDACIÓN.....	123
10.1	ARGUMENTACIÓN.....	123
10.2	CUADRO DE VALIDACIÓN	123
10.3	DIAGRAMA DE PRODUCCIÓN	124
10.3.1	Fabricación del modelo	125
10.3.2	Hoja de operación	126
11.	CONCLUSIONES.....	128
12.	REFERENCIAS	132
13.	BIBLIOGRAFÍA.....	135
14.	BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTAR.....	139
	ANEXOS	140

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Definiciones de RAEE.....	23
Tabla 2. Clasificación RAEE según la Directiva RAEE	23
Tabla 3. Clasificación de RAEE mediante líneas de color.....	24
Tabla 4. Clasificación RAEE según 5 categorías desde la perspectiva del reciclaje	24
Tabla 5. Componentes peligrosos y requerimientos	25
Tabla 6. Composición de un PC de escritorio	26
Tabla 7. Contenido peligroso dentro de los RAEE	28
Tabla 8. Relación entre los materiales utilizados en la producción de RAEE y los daños potenciales en la salud humana	29
Tabla 9. Riesgos ambientales y para la salud laboral observados en ciudades-vertederos de Asia	29
Tabla 10. Proyectos de Resolución en Colombia	43
Tabla 11. Legislación Brasileña.....	45
Tabla 12. Empresas dedicadas al reciclaje en Colombia	48
Tabla 13. Empresas que trabajan con reciclaje en Brasil.....	50
Tabla 14. Relación de características de fundido	61
Tabla 15. Tolerancias típicas en partes moldeadas de plásticos seleccionados	62
Tabla 16. Tabla de diferencia de densidades	66
Tabla 17. Datos de los Cortes del material y MFI	91
Tabla 18. Validación de requerimientos.....	123
Tabla 19. Antropometría de la mano	158
Tabla 20. Peso de la carga.....	160

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Símbolo de la Directiva RAEE	41
Figura 2. RAEE generada de Computadores [kg/cap*año]	47
Figura 3. Estructura molecular del PVC.....	54
Figura 4. Estructura del ABS	55
Figura 5. Moldeo por inyección.....	58
Figura 6. Molde de Inyección.....	58
Figura 7. Molde de dos placas.....	59
Figura 8. Molde de tres placas.....	59
Figura 9. Principio de la herramienta de canal aislado.....	60
Figura 10. Molde con macho	61
Figura 11. Moldeo por Extrusión.....	62
Figura 12. Representación esquemática del ciclo de la cadena de los plásticos post-consumo.....	73
Figura 13. Centro de Triagem Recicla CT y canecas dispuestas en el campus de la UFRJ	74
Figura 14. Proceso de pelletización	75
Figura 15. Etapas simplificadas del proceso de reciclaje mecánica de plásticos	77
Figura 16. Esquema del mecanismo de funcionamiento de un molino de cuchillas triturando una botella y su producto.....	78
Figura 17. Molino de Impacto	79
Figura 18. Muestra de la carcasa e inspección de la misma	81
Figura 19. Carcasa quebrada con martillo	82
Figura 20. Partículas de carcasa preliminares	82
Figura 21. Balanza electrónica de precisión automática	83
Figura 22. Molino de Impacto	84
Figura 23. Alimentación del molino de impacto y material pulverizado	84
Figura 24. Identificación del polímero	85
Figura 25. Máquina Extrusora	86
Figura 26. Detalle Máquina Extrusora.....	86
Figura 27. Detalle extractor de gases máquina extrusora.....	87

Figura 28. Detalle de extrusión de PVC.....	87
Figura 29. Pelletizadora.....	88
Figura 30. Muestra de los pellets obtenidos.....	88
Figura 31. Alimentación Máquina MF	90
Figura 32. Presión mediante un émbolo	90
Figura 33. Detalle material de ensayo	91
Figura 34. Logo Escuela Politécnica UFRJ.....	96
Figura 35. Alternativa de diseño 1	97
Figura 36. Alternativa de diseño 2	98
Figura 37. Alternativa de diseño 3	99
Figura 38. Alternativa de diseño 4	100
Figura 39. Alternativa de diseño 5	101
Figura 40. Alternativa de diseño 6	102
Figura 41. Resultados Método Pugh	106
Figura 42. QFD alternativa 1	107
Figura 43. QFD alternativa 2	108
Figura 44. QFD Alternativa 3	109
Figura 45. QFD Alternativa 4	110
Figura 46. QFD Alternativa 5	111
Figura 47. QFD Alternativa 6	112
Figura 48. Plano de Portavasos.....	115
Figura 49. Plano de Portaclips.....	116
Figura 50. Plano de Porta-tarjetas	117
Figura 51. Sistema del producto	118
Figura 52. Aspectos Ambientales	119
Figura 53. Matriz MET	120
Figura 54. Abstracción de formas del logo de la Escola Politécnica	153
Figura 55. Medidas Antropométricas de las manos	159
Figura 56. Tipos de agarre	159
Figura 57. Posición de la carga con respecto al cuerpo.....	161
Figura 58. Manipulación de cargas en posición sedente	161
Figura 59. Árbol de decisión para la determinación del tipo de agarre.....	162

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO I. El Empaque	141
ANEXO II. Simbología De La Escola Politécnica De La UFRJ.....	144
ANEXO III. Ilustración de alternativas.....	149
ANEXO IV. Evaluación del Método Pugh Para las Alternativas	152
ANEXO V. Lluvia de Ideas.....	153
ANEXO VI. Estudio Ergonómico de la mano	158

RESUMEN

TÍTULO: INVESTIGACIÓN DEL PROCESO DE RECICLAJE DE APARATOS ELECTRO-ELECTRÓNICOS RAEE PARA EQUIPOS DE DE OFICINA, UTILIZANDO TECNOLOGÍAS DE PRODUCCIÓN MÁS LIMPIA, TRANSFORMANDO RESIDUOS EN RECURSOS APLICABLES EN EL DESARROLLO DE UNA FAMILIA DE OBJETOS CORPORATIVOS PARA LA UNIVERSIDAD FEDERAL DE RIO DE JANEIRO. MODALIDAD DE PASANTÍA DE INVESTIGACIÓN.*

AUTOR: SALCEDO RINCÓN, Julie Andrea**

PALABRAS CLAVE: Diseño, Ecodiseño, Producción Más Limpia, Residuos Electro-Eléctricos.

DESCRIPCIÓN DEL CONTENIDO

El objetivo de este proyecto es utilizar el Diseño Industrial como herramienta para convertir un material de residuo producto de la sustitución de computadores generado dentro de la Universidad Federal de Rio de Janeiro –UFRJ- en un recurso aplicable en el diseño de una familia de objetos corporativos para la misma universidad. Esto le genera un beneficio doble a la universidad, por una parte medio ambiental y por otra al interior del ente educativo con la gestión de residuos, siempre utilizando tecnologías de Producción Más Limpia y Ecodiseño, a través del laboratorio de investigación GePro.

En el desarrollo de este proyecto se tiene como fin utilizar las carcasas de computadores e impresoras obsoletas y/o en desuso o que hayan alcanzado el fin de su vida útil y transformarlas con la tecnología existente en la Universidad en materia prima para la fabricación de una familia de objetos corporativos, así mismo, se presenta el resultado de la investigación llevada a cabo sobre la situación de los RAEE en Colombia y Brasil, en la cual se condensa toda la información referente a este tópico en cuanto a legislación, clasificación, composición y empresas de la cadena productiva de reciclaje que trabajan con este tipo de residuos.

* Tesis de Grado

** Facultad de Ingenierías Físico-Mecánicas, Escuela de Diseño Industrial. Directores M.Sc. ARCHILA, John Faber, P-Dr. NAVEIRO, Ricardo.

ABSTRACT

TITLE: ELECTRICAL AND ELECTRONIC WASTE PROCESS RESEARCH FOR OFFICE EQUIPMENT, USING CLEANER PRODUCTION FOR THE DESIGN OF A DESK CORPORATIVE SET FOR THE UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO. MODALITY INTERNSHIP OF RESEARCH.*

AUTHOR: SALCEDO RINCÓN, Julie Andrea.**

KEY WORDS: Design, Ecodesign, Cleaner Production, Electrical and Electronic Waste.

DESCRIPTION

The aim of this project is to use Industrial Design as a tool for the transformation of waste materials in the Universidade Federal do Rio de Janeiro –UFRJ- in resources as a second raw materials source for the design of a desk corporative set for the University, thus generating a double impact: a benefit for the environment and a benefit for the University, using cleaner production techniques and Ecodesign, trough the research group GePro of the Production Engineering Program. The informal processing of this kind of waste causes serious health and pollution problems.

In this project are used computer and printer cases from old, loosely discarded, surplus, obsolete or broken electrical or electronic devices that gets its end of life in order to transform them with the technology existing at the University in second raw materials for the fabrication of the desk corporative set for the Universidade Federal do Rio de Janeiro, taking into account the emissions generated of the processes making it in an adequate environment. Likewise includes the results of the research about the Waste Electrical and Electronic Equipment situation, technology, processes and methods in Colombia and Brazil, as well as the information about legislation, classification, composition and the enterprises working with this kind of waste.

* Degree Project

** Faculty: Physic-Mechanics. Career: Industrial Design. Directors: M.Sc. ARCHILA, John Faber, P-Dr. NAVEIRO, Ricardo.

INTRODUCCIÓN

Aparatos Eléctricos y Electrónicos (AEE) son todos aquellos que necesitan para su funcionamiento suministro de energía eléctrica, y los Residuos Eléctricos y Electrónicos (RAEE) son aquellos que han alcanzado el fin de su vida útil. Actualmente, presentan una preocupación mundial debido a los grandes avances tecnológicos que se dan en cortos intervalos de tiempo y que ocasionan un aumento en el mercado consumista que pretende adquirir lo último en tecnología, obteniendo como resultado aparatos “obsoletos” que terminan en vertederos o en el mejor de los casos, en empresas encargadas de su desmantelamiento que tampoco cuentan con la tecnología especializada, mano de obra calificada o que se acogen a una legislación sobre los mismos.

Estadísticas presentadas por Greenpeace muestran que el crecimiento de RAEE global asciende de 20 a 50 millones de toneladas generados cada año. Esta alarmante cifra no sólo representa una problemática ambiental debido a los constituyentes altamente tóxicos de estos aparatos, sino que también constituye una problemática social en países en desarrollo, que entre otras cosas, realizan importaciones de este tipo de residuos evadiendo legislaciones internacionales, ya que no son de carácter obligatorio. Brasil y Colombia no son la excepción, ya que aunque se llevan a cabo proyectos de diferentes índoles, la cadena de reciclaje de este tipo de residuos no cuenta con una estructura sólida.

Por esta razón, surgen iniciativas desde diferentes disciplinas en pro de dar soluciones a dicha problemática; y como bien es sabido, el diseño industrial no sólo se centra en la parte estética y funcional de los productos, sino también se involucra con su proceso de producción, aprovechamiento de materiales, adecuación de máquinas, procesos, entre otros, para generar soluciones ante los diferentes retos que se presentan en el sector productivo, siendo los RAEE parte de ello.

En este orden de ideas, el propósito de este proyecto es realizar una propuesta a la cadena productiva del reciclaje de RAEE generando desde la academia una opción y ejemplo sobre el correcto tratamiento de los mismos, mostrando el trabajo que se lleva a cabo frente a esta problemática mundial gestado desde la misma alma máter.

1. ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

1.1 NOMBRE DEL PROYECTO

Investigación del proceso de reciclaje de aparatos electro-electrónicos RAEE para equipos de oficina, utilizando tecnologías de Producción Más Limpia, transformando residuos en recursos aplicables en el desarrollo de una familia de objetos corporativos para la Universidad Federal de Rio de Janeiro.

1.2 RESPONSABLES DEL PROYECTO

La responsable de este proyecto es la estudiante del programa de Diseño Industrial Julie Andrea Salcedo Rincón bajo la orientación del Ingeniero Mecánico John Faber Archila, docente de la Universidad Industrial de Santander y el Ingeniero Mecánico Ricardo Manfredi Naveiro de la Universidad Federal de Rio de Janeiro.

1.3 ENTIDADES INTERESADAS EN EL PROYECTO

- Universidad Industrial de Santander
- Escuela de Diseño Industrial
- Grupo de Investigación GIROD de la Escuela de Diseño Industrial
- Universidade Federal de Rio de Janeiro
- Laboratorio GePro de Ingeniería de Producción

1.4 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En el mundo se producen aproximadamente entre 20 y 50 millones de toneladas de residuos electro-electrónicos cada año; de los cuáles sólo Estados Unidos desecha 2 millones de toneladas de estos productos, entre ellos 50 millones de computadores y 130 millones de celulares(Greenpeace), pero de Colombia y Brasil como tal, se conoce muy poco sobre la disposición post-consumo de aparatos electro-electrónicos. Por esta razón, este estudio abarca la información obtenida en estas regiones, cómo se trabaja, las iniciativas y proyectos que se están llevando a cabo en la materia.

Dentro del mercado de los RAEE es importante tener en cuenta, que la recuperación de materias primas de estos aparatos conforma un mercado secundario de obtención de metales significativo, ya que en un computador, por ejemplo, el 49% de su composición es de metales, que a su vez, son recuperables en un 80%, y que se presentan como una opción más ecológica que la extracción directa en minas, pero si se mira desde otro punto de vista, el desperdicio no está solo en las materias primas en potencia, sino en los recursos que fueron utilizados para su fabricación.

Además de esto, el problema de los RAEE no se centra solo en la falta de concientización por parte del productor y consumidor, sino también en la carencia de una infraestructura organizada y fuerte por parte de organizaciones, gremios y el Estado que obligue a los fabricantes, importadores y distribuidores a tomar parte de la cadena del reciclaje, en otras palabras, a ser parte de la solución.

Finalmente, si se adiciona el hecho de que una disposición inadecuada de este tipo de residuos puede ocasionar grandes daños a la salud humana debido a elementos tóxicos encontrados en su constitución, se puede ver que el gerenciamiento de RAEE es una necesidad latente en todo lugar del mundo, lo que reafirma que este tipo de estudios conforman una oportunidad de avance y desarrollo para el beneficio de la sociedad.

1.5 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO

Este proyecto nace como respuesta a la necesidad inminente que tiene la sociedad actual ante el crecimiento y descarte de RAEE que constituye una problemática mundial frente al rápido avance de la tecnología.

Los problemas asociados a este tipo de desechos se abordaron por primera vez a escala mundial en el marco del Programa de Montevideo de 1981, que llevó en 1985 a la adopción de las Directrices y principios para el manejo ambientalmente racional de los desechos peligrosos (las “Directrices de El Cairo”) y a las negociaciones celebradas posteriormente bajo los auspicios del Programa de Naciones Unidas para el Medio Ambiente PNUMA para establecer un convenio mundial sobre el control transfronterizo de desechos peligrosos (Basilea, 2005).

La producción de Aparatos Eléctricos y Electrónicos es una industria que crece muy rápidamente, conforme avanza la tecnología se reduce cada vez más su ciclo de vida y genera alrededor de 50 millones de toneladas por día en todo el mundo.

De esta forma, este tipo de desechos se convierten en una problemática mundial; tanto social como medio ambiental debido a los materiales altamente contaminantes que los constituyen; así como la exportación fuera de legislación a países en desarrollo que buscan abaratar los costos que tiene el proceso de reciclaje. Este reciclaje y disposición del material eléctrico y electrónico se convierte en un gran problema porque los métodos empleados en la recuperación de materiales generalmente son rudimentarios, debido a que los métodos óptimos para esto consideran un alto costo en recursos como maquinaria y obra de mano calificada.

Como muestra de ello, los diferentes órganos internacionales y ambientales realizan estudios para estimar el impacto generado por este tipo de residuos como lo muestran las siguientes cifras:

- Estudios europeos estiman que el volumen de RAEE está incrementando en un 3% - 5% por año (Gaule).
- 500 millones de computadores contienen aproximadamente .872.000 toneladas de plástico, 718.000 de plomo, 1.363 toneladas de cadmio y 287 toneladas de mercurio (Gaule).
- El rápido crecimiento de residuos está acelerándose porque el mercado global para computadores está lejos de saturarse y su ciclo de vida decrece rápidamente; de 4 – 6 años en 1997 a 2 años en 2005 (Gaule).
- Un estudio entre los trabajadores que desmontan computadores en Suecia ha encontrado una concentración de bromo en la sangre 65 veces más grande de lo normal (Castán Salinas, 2007).

A pesar de que existen iniciativas y planes de gobierno con respecto al tema de RAEE, se obtienen muy pocos resultados debido a la falta de infraestructura de la cadena de reciclaje en Brasil y Colombia, convirtiéndose en excelentes escenarios por parte de los países del productores para la exportación de residuos de esta índole.

Este proyecto nace como respuesta a la necesidad inminente que tiene la sociedad actual ante el crecimiento y descarte de Aparatos Eléctricos y Electrónicos que constituyen una preocupación ambiental y social. Por esta razón, a través del diseño industrial se realiza una propuesta concebida desde el reciclaje y aprovechamiento del mercado secundario de materiales, aplicado a un producto industrial, así mismo, realizar este estudio se considera un aporte a las investigaciones que se realizan en pro del manejo de RAEE, mediante el trabajo en parceria de dos Universidades con la visión de la transformación de residuos en recursos.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo General

Investigar el proceso de reciclaje de RAEE aplicado a aparatos electro-electrónicos de oficina, con el fin de utilizar tecnologías de producción más limpia para el desarrollo de familia de objetos corporativos para escritorio para la Universidad Federal de Rio de Janeiro.

1.6.2 Objetivos específicos

1.6.2.1 Estudiar los parámetros de Ecodiseño y técnicas de Producción Más Limpia para el reciclaje de computadores e impresoras.

1.6.2.2 Investigar los diferentes procesos existentes para el reciclaje de aparatos electro-electrónicos (RAEE) de computadores e impresoras.

1.6.2.3 Diseñar, proyectar y construir una familia de objetos corporativos para escritorio para la Universidad Federal de Rio de Janeiro basado en los objetivos específicos 1.6.2.1 y 1.6.2.2 con el fin de ser implementado en el laboratorio GePro.

2. ESTADO DEL ARTE

En torno al tema de los Residuos Eléctricos y Electrónicos existen distintos órganos internacionales y leyes nacionales que dictan la forma en la que este tipo de desechos deben ser tratados, así como el sector productivo que se encarga de su proceso, pero aún no existe un tratado internacional que englobe todo tipo de acción productiva que esté envuelta en el proceso para seguir un lineamiento.

Debido a la amplia gama de fuentes, informaciones, trabajos realizados y estudios con respecto al manejo de RAEE, este estudio se centra en Brasil y Colombia como escenarios en proceso de desarrollo, donde se contempla la legislación de cada país, las iniciativas que han llevado a cabo, así como se presenta mediante cifras la presencia de la problemática en cada país.

2.1 DEFINICIÓN DE RAEE

Los residuos electro-electrónicos también se conocen como eletronic waste, e-waste, e-scrap, por sus siglas en inglés Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE) y en portugués como lixo eletroeletrônico, sucata eletrônica o residuos eletroeletrônicos. Describen aparatos o equipos que son descartados, obsoletos, dañados o fuera de uso.

La alerta mundial sobre estos equipos se debe a que el procesamiento indebido de estos aparatos en países desarrollados, causa serios problemas de salud y contaminación. Algunos de los componentes peligrosos constituyentes son CRT¹s, elementos contaminantes como plomo, cadmio, mercurio, retardantes bromados de llamas, entre otros.

A continuación se presentan varias definiciones de RAEE según importantes órganos involucrados con este tema a nivel mundial.

¹ CRT Sigla utilizada para designar los Tubos de Rayos Catódicos.

Tabla 1. Definiciones de RAEE

Referencia	Definición
Directiva RAEE de la Unión Europea (Directiva 2002/96/CE)	Todos los aparatos eléctricos y electrónicos que pasan a ser residuos de acuerdo con la definición que consta en la letra a) del artículo 1 de la Directiva 75/442/CEE; que habla sobre la definición de Aparatos Eléctricos y Electrónicos (RAEE, 2003)
Red de Acción de Basilea	Los Residuos eléctricos y electrónicos incluyen una amplia y creciente gama de aparatos electrónicos que van desde aparatos domésticos voluminosos, como refrigeradores, acondicionadores de aire, teléfonos celulares, equipos de sonidos y aparatos electrónicos de consumo, hasta computadores desechados por sus usuarios.
Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico (OECD)	Cualquier dispositivo que utilice un suministro de energía eléctrica, que haya alcanzado el fin de su vida útil

2.2 CLASIFICACIÓN DE LOS RAEE

Existen varias clasificaciones de los RAEE de acuerdo a los usos y tipos de aparatos, pero cabe resaltar que no existe una categorización única y mundial. A continuación se presentan algunas de ellas.

Tabla 2. Clasificación RAEE según la Directiva RAEE

N°	Categoría	Ejemplos
1	Grandes Electrodomésticos	Neveras, congeladores, lavadoras, lavaplatos, etc.
2	Pequeños electrodomésticos	Aspiradoras, planchas, secadores de pelo, tostadoras, freidoras, etc.
3	Equipos de Informática y telecomunicaciones	Procesadores de datos centralizados (minicomputadoras, impresoras) y elementos de computación personal (computadores personales, computadores de carpeta, máquinas copiadoras, teléfonos, faxes, etc.)
4	Aparatos electrónicos de consumo	Aparatos de radio, televisores, cámaras de video, amplificadores de sonido, etc.
5	Aparatos de alumbrado	Luminarias, tubos fluorescentes, lámparas de descarga de alta intensidad, etc.
6	Herramientas eléctricas y electrónicas	Taladros, sierras, máquinas de coser, herramientas para soldar, torneear, cortar, etc.
7	Juguetes y equipos deportivos y de tiempo libre	Trenes y carros eléctricos, consolas de video, juegos de video, material deportivo con componentes eléctricos y electrónicos, etc.
8	Aparatos médicos	Aparatos de radioterapia, cardiología, diálisis, ventiladores pulmonares, etc.
9	Instrumentos de medida y control	Termostatos, detectores de humo, reguladores de calor, etc.
10	Máquinas expendedoras	Máquinas expendedoras de bebidas calientes, botellas, latas o productos sólidos.

Fuente: Directiva RAEE de la Unión Europea

Otra clasificación usada para los RAEE comprende su clasificación en tres líneas, denominadas mediante colores, la siguiente forma:

Tabla 3. Clasificación de RAEE mediante líneas de color

Línea de color	Ejemplos
Línea blanca	Comprende todo tipo de electrodomésticos grandes y pequeños, como por ejemplos neveras, lavadoras, lavavajillas, hornos y cocinas.
Línea gris	Comprende los equipos informáticos (computadores, teclados, ratones, etc.) y de telecomunicaciones (teléfonos móviles, terminales de mano o portátiles, etc.).
Línea marrón	Comprende todos los electrónicos de consumo como televisores, equipos de sonido y de vídeo.

Fuente: Gestión de RAEE en Colombia (Ges101)

Desde una perspectiva de la gestión y el manejo de los residuos correspondientes, se considera de la siguiente manera su clasificación:

Tabla 4. Clasificación RAEE según 5 categorías desde la perspectiva del reciclaje

N°	Categoría	Ejemplos	Justificación
1	Aparatos que contienen refrigerantes	Neveras, congeladores, otros que contienen refrigerantes	Requieren un transporte seguro (sin roturas) y el consecuente tratamiento individual.
2	Electrodomésticos grandes y medianos (menos equipos de la categoría 1)	Todos los demás electrodomésticos grandes y medianos	Contienen en gran parte diferentes metales y plásticos que pueden ser manejados según los estándares actuales
3	Equipos de iluminación	Tubos fluorescentes, bombillos	Requieren procesos especiales de reciclaje o valorización.
4	Aparatos con monitores y pantallas	Televisores, monitores, CRTs, monitores LCD	Los tubos de rayos catódicos requieren un transporte seguro (sin roturas) y el consecuente tratamiento individual. Problema LCD.
5	Otros aparatos eléctricos y electrónicos	Equipos de informática, oficina, electrónicos de consumo, electrodomésticos de la línea marrón	Están compuestos en principio de los mismos materiales y componentes y por ende, requieren un tratamiento de reciclaje o valorización muy semejante.

Fuente: Gestión de RAEE en Colombia(Ges101)

2.3 COMPOSICIÓN DE LOS RAEE

Las sustancias contenidas en los Residuos de Aparatos Electro- Electrónicos son muy variadas y dependen de cada tipo de aparato. En cuanto a estos se sabe que la concentración de metales preciosos es relativamente pequeña en relación a

su peso total, como es el caso del oro y la plata, pero se dice que alcanza a ser más alta que la encontrada naturalmente en una mina.

Principalmente los RAEE se componen de:

- metales preciosos (Ag, Au, Pd, etc.),
- metales básicos (Cu, Al, Ni, Sn, Zn, Fe, etc.),
- metales de preocupación (Hg, Be, Pb, Cd, As, Sb, Bi, etc.),
- combustibles (plásticos) y
- otros materiales (por ejemplo madera)

Así como contiene metales preciosos, también contiene sustancias tóxicas como el plomo, arsénico, cadmio, selenio, cromo hexavalente y retardantes del fuego que crean emisiones de dioxina cuando se queman.

A pesar de las pequeñas cantidades de metales preciosos presentes en los RAEE y de los elementos tóxicos, existen otros tipos de materiales que ofrecen opciones de tratamiento para ser usados como materia prima reciclada y que necesitan menos cuidados que los anteriormente nombrados, que pueden ser utilizados para diseñar y fabricar objetos industriales como lo son los plásticos o dependiendo del tratamiento que se le de las baquelitas de los circuitos electrónicos, el vidrio, entre otros.

La Directiva de la RAEE hace una clasificación de los componentes de la siguiente manera, contemplando diferentes acciones a seguir

Tabla 5. Componentes peligrosos y requerimientos

Componentes (Anexo II Directiva RAEE)	Posible contenido peligroso	Requerimiento (Anexo II Directiva RAEE)	
		Eliminación	Tratamiento
Condensadores con PCB	PCB	X	
Componentes con mercurio	Hg	X	
Baterías	Pb, Cd, Hg	X	
Tarjetas de circuito	BFR, Be	X	O
Plásticos con BFR	BFR	X	
Tubos de rayos catódicos	Pb, F	X	X
CFC, HCFC, HFC, HCs	ODS	X	X
Lámparas de descarga de gas	Hg	X	X
Pantallas LCD	Hg, cristales líquidos	X	O

Cables eléctricos externos	BFR	X
Componentes con RCF	RCF	X
Componentes con sustancias radioactivas	Núcleos radioactivos	X
Condensadores electrolíticos (L/D>25mm)	“sustancias de preocupación”	X

X: Eliminación y/o tratamiento exigido
O: Evaluación en proceso por la Comisión Europea
PCB: Policloruro de Bifenilo
BFR: Pírorretardantes bromados
Fuente: Directiva RAEE(RAEE, 2003)

O: Evaluación en proceso por la Comisión Europea
ODS: Gases de efecto invernadero
RCF: Fibras refractarias de cerámica.

En la siguiente tabla se muestra una relación entre la composición de un computador de escritorio y la eficiencia en el proceso de reciclaje.

Tabla 6. Composición de un PC de escritorio

Nombre	Contenido (% del peso total)	Eficiencia de reciclaje %	Peso del Material (lb)	Uso / Ubicación
Plásticos	22.9907	13.8	20	Incluye orgánicos y óxidos aparte de la sílice
Plomo	6..2988	3.8	5	Soldadura de metales, blindaje contra radiaciones/CRT, PWB ²
Aluminio	14.1723	8.5	80	Estructural, conductor/productor, CRT, PWB, conectores
Germanio	0.0016	< 0.1	0	Semiconductor / PWB
Galio	0.0013	< 0.10	0	Semiconductor / PWB
Hierro	20.4712	12.3	80	Estructural, magnetismo, CRT, PWB
Estaño	1.0078	0.6	70	Soldaduras, PWB, CRT
Cobre	6.9287	4.2	90	Conductividad / CRT, PWB, conectores
Bario	0.0315	< 0.1	0	En tubos de vacío / CRT
Níquel	0.8503	0.51	80	Estructural, magnetismo / (acero) protector, CRT, PWB
Zinc	2.2046	1.32	60	Baterías, emisores de fósforo / PWB, CRT
Tantalio	0.0157	< 0.1	0	Condensador de capacidad / PWB, fuentes de energía
Indio	0.0016	< 0.1	60	Transistores, rectificadores / PWB
Vanadio	0.0002	< 0.1	0	Emisores de fósforo rojo / CRT
Terbio	0	0	0	Activadores de fósforo verde, CRT, PWB
Berilio	0.0157	< 0.1	0	Conductividad térmica / PWB, conectores

² “Printed Wiring Board” o “Printed Circuit Board” para referirse a circuitos impresos por sus siglas en inglés

Oro	0.0016	< 0.1	99	Conectividad, PWB, conectores
Europio	0.0002	< 0.1	0	Activador de fósforo / PWB
Titanio	0.0157	< 0.1	0	Pigmento, agente de aleación / (aluminio)
Rutenio	0.0016	< 0.1	80	Circuito resistivo / PWB
Cobalto	0.0157	< 0.1	85	Estructural, magnetismo, CRT, PWB
Paladio	0.0003	< 0.1	95	Conectividad, conductividad, conectores
Manganeso	0.0315	< 0.1	0	Estructural, magnetismo, CRT, PWB
Plata	0.0189	< 0.1	98	Conductividad / PWB, conectores
Antimonio	0.0094	< 0.1	0	Diodos / protectores, PWB, CRT
Bismuto	0.0063	< 0.1	0	Agente humectante en películas gruesas / PWB
Cromo	0.0063	< 0.1	0	Decorativo, endurecedor
Cadmio	0.0094	< 0.1	0	Baterías, emisor de fósforo verde, PWB, CRT
Selenio	0.0016	0.00096	70	Rectificadores / PWB
Niobio	0.0002	< 0.1	0	Soldadura
Itrio	0.0002	< 0.1	0	Emisor de fósforo rojo / PWB
Rodio	0		50	Película gruesa conductora PWB
Platino	0		95	Película gruesa conductora PWB
Mercurio	0.0022	< 0.1	0	Baterías, switches, PWB
Arsénico	0.0013	< 0.1	0	Agente dopante en transistores
Sílice	24.8803	15	0	Vidrio, dispositivos de estado sólido / CRT, PWB

Fuente: Recovery of Precious Metals from Electronic Waste (Gaule).

Los elementos constituyentes reportados como tóxicos son compuestos poli-halogenados y algunos metales pesados como se puede observar.

Adicionalmente, dentro de estos compuestos tóxicos hay que valorar otros factores que determinan si la exposición a alguna sustancia tóxica es perjudicial, ya que estos factores dependen de la dosis (cantidad), duración (por cuánto tiempo), y la forma de exposición (cómo se entra en contacto con las sustancias). Igualmente, debe considerarse si existe una posible combinación con otras sustancias químicas cuando se somete a algún otro tipo de proceso.

Tabla 7. Contenido peligroso dentro de los RAEE

Componente	Posible contenido peligroso
Metal	
Motor / compresor	
Enfriadores	ODS
Plástico	Ftalato de plastificar, BFR
Aislamiento	Aislamiento de espuma de ODS, el asbesto, material refractario la fibra de cerámica
Vidrio	
CRT	Plomo, antimonio, mercurio, Fósforo
LCD	Mercurio
Caucho	Ftalato de plastificar, BFR
Cableado	Plastificante ftalato, plomo, BFR
Circuitos impresos	Berilio plomo, antimonio, BFR
Lámparas fluorescentes	El mercurio, fósforo, retardantes de llama
Lámparas incandescentes	
Elementos de calor	
Termostatos	Mercurio
Retardantes de flama bromados BRF-plásticos	BFRs
Baterías	Plomo, Litio, Cadmio, Mercurio
CFC, HCFC, HFC, HC	Sustancias que agotan la capa de ozono
Cables externos eléctricos	Retardantes de llama bromados (BFR), plastificantes
Capacitor electrolítico	Glicol, otras sustancias desconocidas

Fuente: Guidelines for Environmentally Sound Management of E-waste (Ministry of Environment & Forests Central Pollution Control Board, 2008)

2.4 COMPOSICIÓN Y AFECCIONES RELACIONADAS AL SER HUMANO

Como se mostró en las anteriores tablas, los componentes de un computador o una impresora, pueden tener afecciones a la salud humana por su contenido tóxico si tienen una disposición final inadecuada o son sometidos a procesos que no cuentan con un sistema de protección para la persona que efectúa la actividad.

Es inevitable el avance de las tecnologías, pero la manipulación segura de químicos dentro del proceso de fabricación, el consumo responsable por parte de los usuarios y una adecuada disposición final de los mismos podrían disminuir los riesgos que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 8. Relación entre los materiales utilizados en la producción de RAEE y los daños potenciales en la salud humana

Material	Daños potenciales para la salud humana
Bario (Ba)	Edema cerebral, debilidad muscular, aumento de la presión sanguínea y daño hepático
Berilio (Be)	Las sales del Berilio son tóxicas y la exposición prolongada podría generar cáncer. La Beriliosis ataca los pulmones.
Cadmio (Ca)	Daños irreversibles en los riñones y en los huesos.
Cromo (Cr)	Reacciones, bronquitis asmáticas y alteraciones en el ADN.
Metales ignífugos bromados (o retardantes)	Cancerígenos y neurotóxicos. También pueden interferir con la función reproductora.
Mercurio (Hg)	Posibles daños cerebrales y tiene impactos acumulativos.
Níquel (Ni)	Puede afectar a los sistemas endocrinos, inmunológicos y respiratorios
Plomo (Pb)	Posibles daños en el sistema nervioso, endocrino y cardiovascular, así como en los riñones.

Fuente: Residuos Electrónicos. La Nueva Basura del Siglo XXI. Una amenaza, una oportunidad (Recycla Chile S.A., Fundación Casa de la Paz)

De la misma forma puede hacerse una relación entre los componentes peligrosos constituyentes de los RAEE, los peligros a la salud laboral, el proceso que generalmente se lleva a cabo y el peligro ambiental que representa.

Tabla 9. Riesgos ambientales y para la salud laboral observados en ciudades-vertederos de Asia

Componente	Procesado	Peligro salud laboral	Peligro ambiental
Tubo de rayos catódicos	Romper, arrancar la junta de cobre y lanzar	<ul style="list-style-type: none"> • Silicosis • Cortes del vidrio en caso de explosión • Inhalación y contacto con fósforo y cadmio 	<ul style="list-style-type: none"> • Plomo, bario y otros materiales pesados contaminando las aguas subterráneas. • Emisión de fósforo tóxico.
Placas de circuito impreso	Desoldar y arrancar los chips	<ul style="list-style-type: none"> • Inhalación de estaño y plomo. • Posible inhalación de dioxinas bromadas, berilio, cadmio y mercurio 	<ul style="list-style-type: none"> • Emisión al aire de las mismas sustancias
Procesado de placas de circuito impreso ya desmontadas	Quemar al aire abierto los circuitos ya sin chips para arrancar los metales que quedan	<ul style="list-style-type: none"> • Inhalación por parte de los trabajadores y de los residentes cercanos de estaño, plomo, dioxinas bromadas, berilio, cadmio y mercurio. • Irritación de las vías respiratorias. 	<ul style="list-style-type: none"> • Contaminación por plomo y estaño del entorno más cercano, incluyendo tanto la superficie como las aguas subterráneas. • Emisión de dioxinas bromadas, berilio, cadmio y mercurio.

Chips y otros componentes chapados en oro	Arrancar químicamente utilizando ácido nítrico y ácido clorhídrico a lo largo de las orillas de los ríos	<ul style="list-style-type: none"> • Lesiones permanentes provocadas por el contacto del ácido con la piel o los ojos. • Irritación de las vías respiratorias, edema pulmonar, fallo circulatorio y muerte provocada por la inhalación de vapor de los ácidos, cloro y dióxido de azufre. 	<ul style="list-style-type: none"> • Hidrocarburos, metales pesados, sustancias bromadas, etc. lanzados directamente al río y orillas. • Acidificación del río que mata a los peces y la flora.
Plásticos del ordenador y periféricos	Fragmentar y fundir a baja temperatura para ser reutilizados en plásticos de baja categoría	<ul style="list-style-type: none"> • Probable exposición a hidrocarburos, dioxinas bromadas y metales pesados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Emisión de hidrocarburos, dioxinas bromadas y metales pesados.
Cables	Quemar al aire abierto para recuperar el cobre	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición de los trabajadores que viven en las áreas de quemado a dioxina bromadas y cloradas, y a hidrocarburos, aromáticos policíclicos (HAP) cancerígenos 	<ul style="list-style-type: none"> • Emisión al aire, agua y suelo de cenizas de hidrocarburos, incluyendo HAP
Partes diversas del PC encajadas en plásticos	Quemar al aire abierto para recuperar el acero y otros metales	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición a hidrocarburos, incluyendo HAP y dioxinas 	<ul style="list-style-type: none"> • Emisión al aire, agua y suelo de cenizas de hidrocarburos, incluyendo HAP.
Cartuchos de tóner	Utilizar pinceles para recuperar el polvo del tóner sin ninguna protección	<ul style="list-style-type: none"> • Irritación de las vías respiratorias • El polvo del carbón del tóner negro es un probable cancerígeno. • La toxicidad de los tóners de color cian, amarillo y magenta es desconocida. 	<ul style="list-style-type: none"> • La toxicidad de los tóners de color cian, amarillo y magenta es desconocida.
Cobre y acero secundarios y fundido de metales preciosos	Incinerar para recuperar el acero y el cobre de la basura.	<ul style="list-style-type: none"> • Exposición a dioxinas y metales pesados. 	<ul style="list-style-type: none"> • Emisión de dioxinas y metales pesados.

Fuente: Exporting Harm: The High-Tech Trashing of Asia (Puckett, et al., 2002)

Para ampliar la información sobre los elementos constituyentes más tóxicos se hace una descripción de sus características.

- a. **Retardantes de llama:** El circuito consiste en un laminado de fibra de vidrio reforzado con resina epoxi, que puedan contener sustancias retardantes de llama en un nivel de alrededor del 15%. El principal material ignífugo utilizado en tarjetas de circuitos es tetrabromobisfenol-A (TBBPA). TBBPA se afirma que las dioxinas tienen una menor potencial de generación de PBDE (éter de pentabromodifenilo).

- b. **Plomo:** El típico Pb / Sn contenido en desechos de placas de circuito impreso en rangos entre 4-6%, representa el 3.2% del peso de la tablero original. Las preocupaciones sobre el plomo en el circuito se refieren a la posibilidad de lixiviación de plomo de las placas de circuitos dispuestos en rellenos sanitarios.

- c. **Mercurio:** Se estima que el 22% del consumo mundial anual de mercurio utilizados en equipos eléctricos y electrónicos (por ejemplo, en las lámparas fluorescentes). Su uso en aparatos eléctricos y electrónicos se ha reducido significativamente en los últimos años. Se ha utilizado en termostatos, (carga) sensores, relés e interruptores (por ejemplo, en el circuito impreso tableros y en los equipos de medición), baterías y lámparas de descarga. La concentración estimada nivel de mercurio en las computadoras es de 0,002%.

- d. **Berilio:** aleaciones de cobre-berilio se usan en conectores electrónicos donde la capacidad para la conexión y desconexión repetida sea deseada, y por lo tanto donde la soldadura no se utiliza para hacer una unión permanente. Como estos conectores son generalmente chapados en oro, el óxido de cobre no se crea en su superficie y no forma una barrera no conductiva de la electricidad entre dos conectores. Un segundo uso del berilio en la industria electrónica es el óxido de berilio, o berilia. La berilia transmite el calor de manera muy eficiente, y es utilizado en los disipadores de calor. La berilia es encontrada en transistores de poder, transistores y bases válvula, y algunos resistencias.

- e. **Plásticos que contienen retardantes de llama bromados:** Dos familias de retardantes de llama bromados se han utilizado en dichos aparatos. La primera es polibromados diphenyl éteres (PBDPEs), que incluye DBPE (decabromodiphenyl óxido), y PBPE (óxido de pentabromodifenilo). En la industria electrónica, BDPE es el dominante BFR PBDPE y se utiliza principalmente en computadores domésticos. La segunda familia es la de retardantes de llama bromados fenólicos, que incluye TBBPA (A tetrabromo bisfenol A). TBBPA (también conocido como TBBA) es utilizadas principalmente en tarjetas de circuitos impresos.

- f. **Aislamiento:** Materiales de interés en estos componentes son las sustancias que agotan el ozono ODS³ en espumas aislantes, asbesto y la fibra de cerámica refractaria.
- g. **Asbesto:** El asbesto o amianto se ha utilizado en aparatos viejos eléctricos como cafeteras, tostadores de pan y planchas. El asbesto fue también un componente de algunos calentadores y otros dispositivos que se benefician de la resistencia al calor. Los aparatos modernos no contienen asbesto.
- h. **Fibras de cerámica refractaria (FCRs):** FCR respirable es clasificado como carcinógenos de categoría 2, que tiene en cuenta la observación de estudios recientes con animales de laboratorio que sugieren que estas fibras pueden tener un potencial para causar cáncer de pulmón o mesotelioma en los seres humanos. Esta clasificación, que entró en vigor en Enero de 1999, no representa una prohibición de su uso. Sin embargo, no significa que cualquier trabajo con marco de cooperación regional está sujeto a estrictos controles.
- i. **Pantalla de cristal líquido:** LCD se compone de cristales líquidos, que están incrustados entre las capas delgadas de elementos de vidrio y eléctricos. La LCD era utilizada principalmente en notebooks y laptops, pero ahora también están siendo utilizadas en computadores de escritorio o desktops. La mayoría de las pantallas LCD tienen una lámpara y de ella dependerá la consideración del desmantelador en LCDs pequeños. Los cristales líquidos se convierten en sospechosas de ser un peligro para la salud. Alrededor de 50.000 sustancias de cristal líquido son conocidos, pero sólo unos 500 son componentes clave para la tecnología LCD. Ejemplos de ello son MBBA (4 methoxybenzylidene-4-butylaniline) y 5cb (4 penty1-4- cyanobipheny1). Actualmente no parece que existan resultados de las pruebas toxicológicas en los materiales de cristal líquido.
- j. **Componentes que tienen plastificantes/estabilizantes:** La preocupación aquí incluye el uso de plastificantes ftalato y plomo estabilizadores en plásticos y

³ Ozone Depleting Substances (ODS) por sus siglas en inglés.

cauchos. Por ejemplo, ftalato de dibutilo y diethylhexyl ftalato son considerados "tóxicos para la reproducción" en concentraciones $\geq 0,5\%$.

- k. **Placas de circuitos integrados:** Aunque la mayoría de las placas suelen ser metálicas 70% también contienen 16% de cobre, 4% de soldadura y 2% de níquel junto con el hierro, plata, oro, el paladio y el tantalio. Aproximadamente el 90% más del valor intrínseco de las placas está en el contenido de oro y paladio. En consecuencia, reprocesamiento tradicional de placas de circuito se ha concentrado en la recuperación de los valores de los metales.
- l. **Condensadores:** Condensadores que contienen sustancias peligrosas se han clasificado en dos es decir, los tipos de condensadores electrolíticos y condensadores que contienen bifenilos Policlorados.
- m. **Condensadores electrolíticos:** Los condensadores de aluminio son pequeños y baratos para su capacidad y se encuentran en tamaños de menos de <1 uF a más de 1 faradio. Condensadores Electrolíticos de aluminio usan una capa de óxido de aluminio crecido en papel de aluminio. El papel de aluminio forma un electrodo, el resto es un electrolito no acuoso en separador de papel fino, y otra capa de papel de aluminio para el cátodo. El electrolito original generalmente está compuesto por un glicol o una amina, en el que un sal conductor (por ejemplo, borato de sodio) se disuelve, además de trazar un (02.01%) de del agua. Muchas variaciones en este se han utilizado en los últimos años, aunque glicol sigue siendo de uso frecuente.
- n. **Condensadores que contienen Poli Clorados policlorados (PCB):** Los PCB se utilizan ampliamente en equipos eléctricos, tales como condensadores y transformadores. Su uso en las aplicaciones abiertas se prohibió ampliamente en 1972 en Europa y no se han utilizado en la fabricación de nuevos equipo desde 1986. Condensadores que contengan PCB se dividen en dos categorías, según el tamaño.

2.5 LEGISLACIÓN

En torno al tema de los desechos electrónicos se han creado durante los últimos años legislaciones, leyes y movimientos que buscan la protección del medio ambiente mediante diferentes mecanismos. A continuación se presenta un resumen sobre estos acuerdos.

2.5.1 Acuerdos Internacionales

2.5.1.1 Agenda 21

La agenda 21 es un programa de las Naciones Unidas (ONU) para promover el desarrollo sostenible. Es un plan detallado de acciones que deben ser acometidas a nivel mundial, nacional y local por entidades de la ONU, los gobiernos de sus estados miembros y por grupos principales particulares en todas las áreas en las que ocurren impactos humanos sobre el medio ambiente.

Fue un documento elaborado en la Cumbre de la Tierra realizada en Rio de Janeiro en el año 1992, en donde representantes de 179 gobiernos acordaron adoptar el programa y consta de 40 capítulos organizados en un preámbulo y cuatro secciones.

En su contenido se tratan temas como las dimensiones sociales y económicas, la conservación y gestión de los recursos para el desarrollo, fortalecimiento del papel de los grupos principales (medidas mundiales a favor de la mujer, la infancia y la juventud, las poblaciones indígenas y sus comunidades, Organizaciones No Gubernamentales ONGs, trabajadores y sindicatos, comercio y la industrial, comunidad científica y tecnológica y el papel de los agricultores) así como los medios de ejecución de los mismos.

2.5.1.2 Convenio de Basilea

El Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación es el tratado mundial de medio ambiente que se ocupa más exhaustivamente de los desechos peligrosos y otros desechos.

Cuenta con 170 países miembros (Partes) y su objetivo es proteger el medio ambiente y la salud humana contra los efectos nocivos derivados de la generación, el manejo, los movimientos transfronterizos y la eliminación.

Este convenio fue creado debido a que el transporte transfronterizo de desechos peligrosos atrajo la atención del público en la década de 1980, debido a tragedias ambientales que comenzaron a ocupar los titulares de portada de todo el mundo como por ejemplo, buques tóxicos intentando descargar sus cargamentos tóxicos de puerto en puerto. Otro panorama que comenzó a aumentar la preocupación de las autoridades ambientales fue la elevación de los costos para la eliminación de desechos, lo cual provocó que los comerciantes y fabricantes que procuraban encontrar soluciones más económicas, comenzaran a exportar sus desechos tóxicos a África, Europa Oriental y otras regiones. Con el paso del tiempo, este tipo de desechos comenzó a ser enviado a países en vía de desarrollo y países en desarrollo de todo el mundo, incluyendo a América.

Lo más preocupante de esta situación era que esos cargamentos de desechos eran vertidos, derramados accidentalmente o manejados inadecuadamente, lo que produjo graves problemas de salud (incluso muertes) y la intoxicación de la tierra, agua y aire durante mucho tiempo. Para luchar contra esas malas prácticas, a finales del decenio de 1980 se negoció el Convenio de Basilea, bajo los auspicios del Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. Fue aprobado en 1989 y entró en vigor en 1992.

El funcionamiento del convenio de Basilea consiste en regular los movimientos transfronterizos de desechos peligrosos y otros desechos aplicando el procedimiento del consentimiento fundamentado previo (los envíos efectuados sin consentimiento son ilícitos). Salvo que exista un acuerdo especial, todo envío efectuado a un Estado que no sea parte o desde un Estado que no sea parte será ilícito, por lo tanto serán acciones delictivas.

En segundo lugar, el Convenio obliga a las Partes en él a asegurar que los desechos peligrosos y otros desechos sean manejados y eliminados de manera ambientalmente racional. Con esto se pretende minimizar las cantidades que atraviesan las fronteras, que

se traten y eliminen los desechos más cerca del posible lugar donde se generen y que impidan o minimicen la generación de desechos de origen.

Se han de aplicar controles estrictos desde el momento de la generación de un desecho peligroso, hasta su almacenamiento, transporte, tratamiento, reutilización, reciclado, recuperación y eliminación final.

El propósito del Convenio de Basilea es regular el movimiento transfronterizo de desechos mediante, entre otras cosas, un sistema de notificación previa de la intención de exportar desechos peligrosos y otros desechos, y la obligación de que las Partes den su consentimiento por escrito (el denominado “consentimiento previo informado”) antes de que los envíos de esos desechos puedan ser objeto de tránsito o de importación en zonas sujetas a la jurisdicción nacional (es decir, los espacios terrestre, marítimo o aéreo en relación con los cuales las Partes ostentan una responsabilidad reglamentaria y administrativa, de conformidad con el derecho internacional) (Basilea, 2005).

El convenio en el Anexo I establece los tipos de desechos a ser controlados entre los cuales se consideran Sustancias y artículos de desecho que contengan, o estén contaminados por bifenilos policlorados (PCB), terfenilos policlorados (PCT) o bifenilos polibromados (PBB) entre las Corrientes de desechos, desechos que tengan como compuestos diferentes tipos de metales entre los cuales se encuentran el berilio, arsénico, selenio, cadmio, mercurio, plomo, antimonio, entre otros.

Así mismo, el Convenio establece una definición de la terminología:

Desechos: Sustancias u objetos a cuya eliminación se procede, se propone a proceder o se está obligado a proceder en virtud de lo dispuesto en la legislación nacional.

Manejo: Se entiende como la recolección, el transporte y la eliminación de los desechos peligrosos o de otros desechos, incluida la vigilancia de los lugares de la eliminación.

Movimiento transfronterizos: Se entiende como todo movimiento de desechos peligrosos o de otros desechos procedentes de una zona sometida a la jurisdicción nacional de un

Estado y destinado a una zona sometida a la misma, o a través de ella, siempre que el movimiento afecte a dos Estados por lo menos.

Eliminación: Se entiende a cualquiera de las operaciones especificadas en el Anexo IV del Convenio.

Dentro del convenio también se establecen las obligaciones generales a las cuales se comprometen las partes, designación de las autoridades competentes y de puntos de contacto, condiciones de movimientos transfronterizos entre partes, así como estos movimientos transfronterizos en Estados que no son Parte del convenio, así como acciones sobre el tráfico ilícito, obligaciones en caso de reimportación, cooperación internacional, acuerdos bilaterales, multilaterales y regionales entre otros donde se deja en claro cada acción a tomar frente a las diferentes actividades que se practiquen.

2.5.1.3 Directiva RAEE

RAEE son las siglas de Residuos de Aparatos Eléctricos y Electrónicos. Se considera aparato eléctrico o electrónico (AEE) todo aquel que necesite para funcionar corriente eléctrica o campos electromagnéticos, y se utiliza con una tensión nominal no superior a 1.000 V en corriente alterna y 1.500 V en corriente continua, además de los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos. Los RAEE son los aparatos eléctricos o electrónicos, o sus componentes, al final de su vida útil.

La directiva europea 2002/96/CE, sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, conocida como Directiva RAEE, es la norma de ámbito de la Unión Europea que legisla sobre la gestión y el tratamiento de los RAEE, no es una norma de “mercado único”, y puede diferir entre los Estados miembros de la Unión Europea (UE). Su aplicación debe realizarse de acuerdo con la legislación local.

Tiene por objetivo la concienciación sobre el reciclaje de los aparatos eléctricos y electrónicos (AEE) y promover el diseño y desarrollo de productos que sean más fácilmente reciclables al final de su vida útil, así como promueve que el diseño y producción de equipos contemplen:

- La reparación, mejora, desmontaje, reutilización y reciclaje al final de su vida útil.
- Un reciclaje más eficiente, con un menor costo potencial.

Se hace una definición de terminologías dentro del documento de la directiva, de la siguiente manera:

Aparatos eléctricos y electrónicos o AEE: Son todos los aparatos que para funcionar debidamente necesitan corriente eléctrica o campos electromagnéticos, y los aparatos necesarios para generar, transmitir y medir tales corrientes y campos pertenecientes a las categorías indicadas en el anexo IA y que están destinados a utilizarse con una tensión nominal no superior a 1000 voltios en corriente alterna y 1500 voltios en corriente continua.

Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos ó RAEE: todos los aparatos eléctricos y electrónicos que pasan a ser residuos de acuerdo con la definición que consta en la letra a) del artículo 1 de la Directiva 75/442/CEE; este término comprende todos aquellos componentes, subconjuntos y consumibles que forman parte del producto en el momento en que se desecha.

Prevención: todas las medidas destinadas a reducir la cantidad y nocividad para el medio ambiente de los RAEE, y sus materiales y sustancias

Reutilización: toda operación que permite destinar los RAEE o algunos de sus componentes al mismo uso para el que fueron concebidos. Este término comprende el uso continuado de los aparatos o de algunos de sus componentes devueltos a los puntos de recogida o a los distribuidores, empresas de reciclado o fabricantes

Reciclado: el reprocesado de los materiales de los residuos, dentro de un proceso de producción, para su finalidad inicial o para otros fines, con la excepción de la valorización energética, que es el uso de residuos combustibles para generar energía a través de su incineración directa con o sin otros residuos, pero con recuperación de calor

Valorización: cualquiera de las operaciones previstas en el anexo II B de la Directiva 75/442/CEE

Eliminación: cualquiera de las operaciones previstas en el anexo II A de la Directiva 75/442/CEE

Tratamiento: cualquier actividad posterior a la entrega de los RAEE a una instalación para su descontaminación, desmontaje, trituración, valorización o preparación para su eliminación y cualquier otra operación que se realice con fines de valorización y/o eliminación de los RAEE.

Productor: cualquier persona que, con independencia de la técnica de venta utilizada, incluida la comunicación a distancia de acuerdo con la Directiva 97/7/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 20 de mayo de 1997, relativa a la protección de los consumidores en materia de contratos a distancia (1):

- i) fabrique y venda aparatos eléctricos y electrónicos con marcas propias,
- ii) revenda con marcas propias aparatos fabricados por terceros, sin que pueda considerarse «productor» al vendedor si la marca del productor figura en el aparato, conforme al inciso i), o
- iii) se dedique profesionalmente a la importación o a la exportación de dichos aparatos eléctricos y electrónicos a un Estado miembro.

No serán considerados «productores» quienes se limiten a prestar financiación mediante cualquier acuerdo de financiación, salvo que también actúe como productor en el sentido definido en los incisos i), ii) y iii);

Distribuidor: cualquier persona que suministre un aparato eléctrico o electrónico, en condiciones comerciales, a quien vaya a utilizarlo.

RAEE procedentes de hogares particulares: RAEE procedentes de hogares particulares y de fuentes comerciales, industriales, institucionales y de otro tipo que, por su naturaleza y cantidad, son similares a los procedentes de hogares particulares.

Sustancia o preparado peligroso: cualquier sustancia o preparado que se considere peligroso de acuerdo con las disposiciones de la Directiva 67/548/CEE del Consejo (2) o de la Directiva 1999/45/CE del Parlamento Europeo y del Consejo (3)

Acuerdo de financiación: cualquier acuerdo o disposición de préstamo, arrendamiento financiero, alquiler o venta diferida relacionado con cualquier aparato, ya figure o no en los términos de dicho acuerdo o disposición o de cualquier acuerdo o disposición accesoria que prevea la transferencia o la posibilidad de transferencia de propiedad de dicho aparato.

La Directiva establece la responsabilidad a los fabricantes e importadores, de acuerdo a la definición anteriormente dada, mediante el establecimiento y financiamiento de la recogida, tratamiento, reciclaje y eliminación respetuosa con el medio ambiente de RAEE. Dentro de las actividades a las que se comprometen los productores está el registro de las mismas ante una autoridad administrativa competente, así como proporcionar datos de ventas por peso, añadir etiquetas a los productos, añadir información del productor a productos en donde aquella no aparezca, proporcionar información que sea requerida por los recicladores (no existe un formato estándar), proporcionar datos a las autoridades que muestren que todo está en regla en cuanto a objetivos y cantidades, asegurar la financiación de la recogida, tratamiento, valorización y eliminación como lo dictamina la Directiva y determinar los costes financieros de RAEE.

Con el fin de establecer la responsabilidad en toda la cadena productiva de aparatos electro-electrónicos, la Directiva establece actividades no solo por parte de los productores, sino desde el mismo acto del diseño de los AEE y toda la situación pos consumo que consta de la recolecta selectiva, tratamiento, valorización, financiación relativa a los RAEE procedentes de hogares particulares, financiación relativa a los RAEE no procedentes de hogares particulares, información para los usuarios, información para las instalaciones del tratamiento, información e informes, adaptación al progreso científico y técnico, así como las actividades del comité que comprende las sanciones, la inspección y control y la incorporación a la legislación nacional.

El Anexo IA habla de las categorías de la RAEE:

1. Grandes electrodomésticos
2. Pequeños electrodomésticos
3. Equipos de informática y telecomunicaciones
4. Aparatos electrónicos de consumo
5. Aparatos de alumbrado

6. Herramientas eléctricas y electrónicas (con excepción de las herramientas industriales fijas de gran envergadura)
7. Juguetes o equipos deportivos y de tiempo libre
8. Aparatos médicos (con excepción de todos los productos implantados e infectados)
Instrumentos de vigilancia y control
9. Máquinas expendedoras

El anexo IB es el listado de productos que se tienen en cuenta y que están comprendidos en las categorías del anexo IA.

En el anexo II, se expone el tratamiento selectivo de materiales y componentes de aparatos eléctricos y electrónicos conforme al apartado 1 del artículo que habla específicamente del tratamiento.

En el anexo III se presentan los requisitos técnicos de conformidad con el apartado 3 del artículo 6 del tratamiento.

Finalmente en el anexo IV se establece el símbolo de la Directiva para marcar aparatos eléctricos y electrónicos.

Figura 1. Símbolo de la Directiva RAEE



2.5.2 Legislación en Colombia

2.5.2.1 Marco Legal Nacional

Como la problemática de los RAEE es un tema que sólo recién ha surgido en la percepción de la sociedad, en Colombia - como en los demás países de la región Latinoamérica y Caribe - una legislación específica sobre el manejo y la gestión de los RAEE apenas está en preparación.

2.5.2.2 Proyectos de Ley

En agosto del 2009, en el congreso colombiano se ha radicado el proyecto de ley n° 91 "mediante el cual se regula la política pública de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos - RAEE - en Colombia". Dentro del proyecto de ley están descritas en detalle las responsabilidades y obligaciones de los diferentes actores involucrados en una futura gestión de los RAEE.

Además, los siguientes proyectos de ley, que posiblemente afectarán la gestión de RAEE, han sido radicados en el 2009 en el congreso:

- Proyecto de Ley N°69 - 2009, por el cual se establece la recompra de pilas, baterías eléctricas y basura electrónica por parte del fabricante y se dictan otras disposiciones.
- Proyecto de Ley N°16 - 2009, Por el cual se formulan lineamientos y políticas generales para la implementación de los planes de gestión integral de residuos sólidos "PGIRS" y se establece el reciclaje como instrumento de recursos para todos.

2.5.2.3 Proyectos de Resolución

Adicionalmente, a finales de septiembre, el ministerio de ambiente, vivienda y desarrollo territorial (MAVDT) publicó el proyecto de resolución n° 4138 "por la cual se establecen obligaciones para la recolección y gestión ambiental de residuos de computadores y

periféricos y se adoptan otras disposiciones". Según el contenido actual, la industria está obligada a implementar un sistema para el 1 de enero del 2011 que, en este primer año, asegura la recolección y gestión del 40% de los computadores y periféricos que entren en desuso (sobre la base del promedio de los aparatos puestos por el productor en el mercado en los últimos ocho años).

Tabla 10. Proyectos de Resolución en Colombia

Área	Tipo	Año	Contenido	Expide
General	Ley 9	1979	Se establecen restricciones para el almacenamiento, manipulación, transporte y disposición final de residuos sólidos y peligrosos. Solo se pueden disponer basuras en los sitios previamente autorizados por el Ministerio de Salud. Quien genere residuos de características especiales debe ser responsable de su recolección, transporte y disposición.	Asamblea Nacional Constituyente
Residuos sólidos	Decreto 605	1996	Por el cual se reglamenta la Ley 142 de 1994 en relación con la prestación del servicio público domiciliario de aseo, vigente Título IV, Capítulo I, Artículos 104 al 112.	Minambiente y Mindesarrollo
Residuos peligrosos	Ley 253	1996	Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos y su eliminación. Categorías de desechos que hay que controlar: Desechos de aceites minerales no aptos para el uso a que estaban destinados; Mezclas y emulsiones de desechos de aceite o agua o de hidrocarburos y agua; Sustancias y artículos de desecho.	Congreso Nacional
Residuos peligrosos	Ley 430	1998	Regula las responsabilidades para el manejo integral de residuos.	Congreso Nacional
Residuos	Decreto 1713	2002	Prestación del servicio público de aseo en el marco de la gestión integral de residuos sólidos.	MAVDT
Residuos	Decreto 1140	2003	Modifica el D 1713/2002 en relación a los planes de gestión integral de residuos sólidos.	MAVDT
Residuos	Resolución 1045	2003	Metodología para la adopción de los planes de gestión integral de residuos sólidos PGIRS.	MAVDT
Residuos peligrosos / no peligrosos	Resolución 0886	2004	Incineración. En términos generales esta norma regula la operación y mantenimiento de incineradores y hornos crematorios que incineren residuos peligrosos sólido y líquidos, residuos domiciliarios y hospitalarios.	MAVDT
Residuos sólidos	Decreto 838	2005	Rellenos Sanitarios. Modifica el Decreto 1713 de 2002 sobre disposición final de residuos sólidos y se dictan otras disposiciones. Promueve y facilita la planificación, construcción y operación de sistemas de disposición final de residuos sólidos, como actividad complementaria.	MAVDT
Residuos peligrosos	Resolución 00621	2007	Por la cual se establecen los Protocolos para la Caracterización de Residuos Peligrosos	IDEAM

Fuente: Gestión de RAEE en Colombia (Ges101)

2.5.2.4 Proyecto de Resolución del MAVDT para computadores y pilas

El Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de la República de Colombia tiene dos proyectos de Ley correspondientes al manejo de RAEE a seguir:

- Por la cual se establecen medidas de gestión, manejo y eliminación de equipos, materiales, desechos o sustancias que consisten, contienen o estén contaminados con Bifenilos Policlorados (PCB).
- Por la cual se establecen los Sistemas de Recolección Selectiva y Gestión Ambiental de Residuos de Computadores y/o Periféricos y se adoptan otras disposiciones.
- Metodología para el cálculo de multas por infracción a la normativa ambiental.

Estos proyectos están contemplados y publicados en la página web del MAVDT, en la Consulta Pública que ofrece el listado de proyectos.

2.5.3 Legislación en Brasil

La legislación brasilera trata los residuos por el elemento contaminante y determina su tratamiento, pero apenas algunos manufactureros disponen de normas legales de descarte como pilas y baterías, que son recibidos por los fabricantes sin costo para el consumidor. La mayoría de los productos todavía no dispone de leyes específicas y el costo medioambiental es asumido por el usuario.

Buena parte del sector productivo envía sus residuos para empresas de tratamiento certificadas ambientalmente, una tendencia positiva cada vez mas común. Estas empresas siguen las normas ISO para la gestión ambiental o acatan la norma ABNT-NBR 10004, pero la desinformación en relación a la toxicidad de ciertos residuos como monitores y reactores es enorme.

El país ratificó la Convención de Basilea sobre el Control de Movimientos Transfronterizos de Residuos y tiene intensificados acuerdos relacionados a esta.

A seguir, se presenta una tabla sobre la legislación Brasilera.

Tabla 11. Legislación Brasileña

Estado	Legislación	Principio	Desde
Unión (Federal)	Política Nacional del Medio Ambiente	Atribución de competencia al municipio para administrar los residuos domésticos.	1981
Unión (Federal)	Política Nacional de los Residuos Sólidos (en proyecto)	Reglamenta residuos sólidos especiales (salud, industriales, eléctricos y electrónicos, llantas, embalajes de agro-tóxicos).	1991 (en proyecto)
Unión (Federal)	Resolución CONAMA de residuos peligrosos	Prohibición y reglamentación de importación/exportación de productos con componentes tóxicos descritos en la Convención de Basilea.	1996
Unión (Federal)	Resolución CONAMA de pilas y baterías	Establece límites máximos de metales pesados en pilas y baterías comercializadas en el país.	2008
São Paulo	Ley de Electrónicos	Fabricantes, importadores y comerciantes de equipamientos electrónicos obligados a hacer logística inversa, reciclaje y disposición adecuada de esos productos.	2008
Minas Gerais	Política Estadual de Residuos Sólidos	Sin mención a los residuos electrónicos.	2009
Rio Grande do Sul	Política Estadual de Residuos Sólidos.	Sin mención a los residuos electrónicos.	1993
Ceará	Política Estadual de Residuos Sólidos.	Sin mención a los residuos electrónicos.	2001
Piauí	Política Estadual de Residuos Sólidos.	Sin mención a los residuos electrónicos.	2005
Rio de Janeiro	Política Estadual de Residuos Sólidos.	Sin mención a los residuos electrónicos.	2003
Pernambuco	Política Estadual de Residuos Sólidos.	Sin mención a los residuos electrónicos.	2001
Pernambuco	Decreto de Residuos Sólidos	La industria electrónica debe presentar un Plan de Gerenciamiento de Res. Sólidos de la producción, pero no de los productos comercializados.	2002
Paraná	Política Estadual de Residuos Sólidos	Sin mención a los residuos electrónicos	1999

Fuente: Lixo eletrônico (Andueza, 2009)

2.6 ÁMBITO GEOGRÁFICO Y APARATOS ELÉCTRICOS Y ELECTRÓNICOS EN ESTUDIO

Este estudio se realiza principalmente basado en la República de Colombia y la República Federal de Brasil. Sin embargo, para ciertos apartados se tiene en cuenta el ámbito global, iniciativas mundiales, tratados y acuerdos internacionales.

El alcance del estudio se limita a los computadores de escritorio, laptops e impresoras.

Los aparatos mencionados anteriormente pertenecen a la categoría de línea gris que corresponde a equipos informáticos y de telecomunicaciones, tal como se mencionó anteriormente en el presente documento.

2.7 RAEE EN COLOMBIA Y BRASIL. SITUACIÓN.

Según estudio realizado por la UNEP (United Nations Environment Programme) en el año de 2007 Colombia reveló una cantidad de residuos de computadores de 6500 toneladas métricas por año y 1300 toneladas de impresoras por año(UNEP, 2009); cantidad que aumentó en 2007 a 9.000 toneladas en 2007(Ott, 2008). En Brasil el panorama no es más alentador, ya que en el año de 2005 arrojó una cifra bastante significativa de 96800 toneladas métricas de residuos de computadores y 17200 toneladas métricas de impresoras por año(UNEP, 2009).

Abordando desde un punto de vista más global, países como Colombia y Brasil presentan un mercado pequeño por lo cual es más fácil encontrar sectores informales de trabajo que faciliten la importación de los mismos, como sucede actualmente en Brasil, que figura como uno de los países emergentes con mayor generación de residuos electro-electrónicos, incluso si se compara con países como China e India, hablando de producción per cápita es el mayor generador de residuos como se puede observar en siguiente figura 2, teniendo en cuenta la diferencia de población entre ellos: 0.5 kg/per cápita en zonas tropicales de Brasil contra 0.23 kg/per cápita en la China y 0.07 kg/per cápita en la India, aproximadamente.

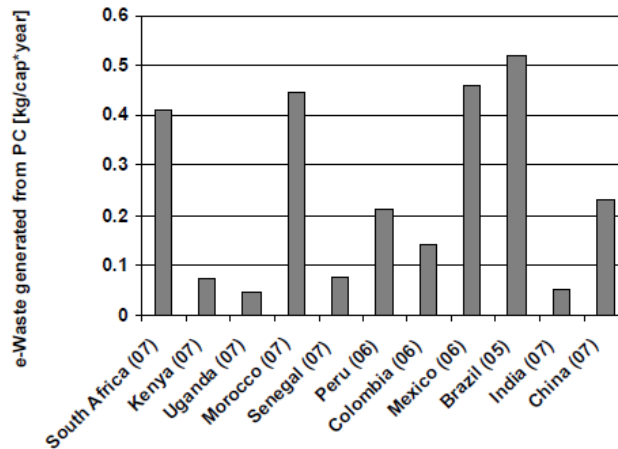


Figura 2. RAEE generada de Computadores [kg/cap*año]
Fuente: UNEP 2009(UNEP, 2009)

Esta situación de Brasil no sólo se queda en la producción de residuos per cápita, sino que también abarca la importación de los mismos. Un estudio realizado (Da Silva, et al., 2007) mostró que la importación en este momento en el país no es una opción viable, ya que no se cuenta con una infraestructura sólida en la cadena productiva del reciclaje de RAEE y las pequeñas y medianas empresas no muestran una buena disposición ante la medida debido a múltiples motivos entre ellos el abaratamiento de los materiales y sobretodo la posibilidad de que Brasil se convirtiese en un depósito de basura electrónica como lo es actualmente India o China, creando una emergencia social.

El mismo estudio demostró, que en la cadena productiva existen agentes colaboradores como lo son empresas informales y cooperativas que no cuentan con un equipamiento adecuado para este tipo de trabajo, o en el peor de los casos, no son conscientes de los perjuicios que este tipo de materiales podría tener en la salud humana, así como la disposición de los tubos de rayos catódicos (CRT)⁴ y otros elementos constituyentes altamente contaminantes para el medio ambiente.

2.8 INICIATIVAS

Dentro del estudio realizado, se encuentran varias actividades que se están realizando dentro de cada país y gran parte de ellas alineadas con las iniciativas ambientales internacionales generadas para el gerenciamiento de Residuos Electro-electrónicos.

⁴ CRT siglas en inglés para designar los Tubos de Rayos Catódicos.

En este ámbito, existen empresas dedicadas a la recolección de este tipo de residuos, las cuales se encargan de etapas, o del proceso total de reciclaje, así como su disposición final.

2.8.1 Empresas en Colombia

En Colombia existen empresas trabajando en este ámbito en las ciudades de Barranquilla, Bogotá, Cali, Cartagena y Medellín, como se exponen en la siguiente tabla.

Computadores para Educar, es un programa interinstitucional del gobierno para el re-uso tecnológico con el objetivo de brindar acceso a las tecnologías de información y comunicaciones a instituciones educativas públicas del país, mediante el reacondicionamiento, ensamble y mantenimiento de equipos, así como el uso y aprovechamiento significativo en los procesos educativos, a través de la implementación de estrategias de acompañamiento educativo y apropiación de las TIC's (MINTIC).

Tabla 12. Empresas dedicadas al reciclaje en Colombia

Empresa	Área	Teléfono	Página web
Lito Ltda. (Barranquilla)	Transformadores y aceites con PBC, reciclaje de neveras, bombillos	(5) 344 51 65	www.litoltda.com
Gaia Vitare (Bogotá)	Despiece y reciclaje de RAEE	(1) 421 6592	www.gaiavitare.com
Lito Ltda. (Bogotá)	Transformadores y aceites con PBC, reciclaje de neveras, bombillos	(1) 405 73 73	www.litoltda.com
Lasea soluciones (Bogotá)	Gestor de residuos peligrosos	(1) 292 93 29	laseaoluciones@yahoo.com
Belmont Trading (Bogotá)	Acopio y exportación de RAEE	(1) 638 60 70	www.belmont-trading.com.co
Computadores para Educar (Bogotá)	Despiece de computadores, monitores e impresoras	(1) 344 22 58	www.computadoresparaeducar.gov.co
Lito Ltda. (Cali)	Transformadores y aceites con PBC, reciclaje de neveras, bombillos	(2) 664 47 91	www.litoltda.com
C.I.Recycables (Cartagena)	Despiece de RAEE, reciclaje de PWB, exportación de materiales	(5) 657 12 73	www.recycables.com.co
ASEI Ltda.	Acopio y despiece de RAEE	(4) 377 20 85	www.aseiltda.com

(Medellín)			
eCycling S.A.S (Medellín)	Acopio, despiece y reciclaje de RAEE	(4) 536 25 32	www.ecyclingcolombia.com
Codesarrollo (Medellín)	Reciclaje de plásticos procedentes de los RAEE	(4) 575 12 10	www.codesarrollo.org.co

Fuente: Gestión de RAEE en Colombia(seco/EMPA, et al., 2009)

2.8.1.1 Programa de Gestión Integrada de Residuos, PGIR UIS

La Universidad Industrial de Santander cuenta con un Programa de Gestión Integrada de Residuos en el desarrollo de sus actividades de docencia, investigación, administración y de extensión, ya que se generan residuos peligrosos y no peligrosos (biológicos y químicos) y atendiendo al cumplimiento de la legislación aplicable, implementando estrategias a corto, mediano y largo plazo, para garantizar un manejo seguro de todos los residuos que se generan en el campus universitario producto de las actividades realizadas en la UIS.

El compromiso ambiental de la Universidad tiene como propósito la protección del medio ambiente y el desarrollo sostenible, mediante programas de responsabilidad integral que buscan ahorrar recursos, integrar la dimensión ambiental y minimizar los impactos negativos derivados del desarrollo de las diferentes tareas realizadas en la universidad.

2.8.1.2 Computadores para educar. Ministerio de Tecnologías de la Información y las Comunicaciones de la República de Colombia

Computadores para Educar, el Programa Multi-Impacto del Gobierno Nacional, viene impulsando, desde el año 2000, el desarrollo de las comunidades colombianas, reduciendo la brecha digital y de conocimiento a través del acceso, uso y aprovechamiento de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones en las comunidades educativas. El impacto de Computadores para Educar alcanza diferentes sectores de la población y la economía colombiana, por cuanto fomenta la responsabilidad social empresarial, aumenta las habilidades de más de 100 técnicos, promueve el aprendizaje y valida los conocimientos de los jóvenes de últimos semestres de ingeniería encargados del acompañamiento educativo, impulsa procesos pedagógicos alternativos, previene impactos ambientales, fomenta la innovación y, lo más importante, se constituye como una

primera aproximación a la tecnología para más de 5 millones de niños y niñas del país que descubren nuevas formas de aprender.

La Universidad Industrial de Santander hizo parte de este proyecto en su fase de profundización en 2004 bajo la dirección del Ing. de Sistemas Luis Carlos Gomez Florez en el Grupo de Investigación en Sistemas y Tecnología de la Información STI.

2.8.2 Empresas en Brasil

Las industrias de reciclaje reciben partes de los recolectores o recicladores. Estas empresas se encargan del desmontaje de los equipos o de su disposición final dependiendo de la capacidad de la misma.

En Brasil el sector del reciclaje está un poco más organizado y es dependiente del gobierno de cada Estado. En 2010 la Prefeitura de Rio de Janeiro organizó una campaña de recolecta de RAEE, la cual contaba con puntos de depósito de aparatos en las diferentes estaciones del metrô hasta el 25 de diciembre con el fin de incentivar e informar a la ciudadanía qué hacer con los aparatos obsoletos que tenían en casa, considerándose un ejemplo a nivel nacional (Neiva Moreira, 2010).

Tabla 13. Empresas que trabajan con reciclaje en Brasil

Empresa	Teléfono	Ciudad
Baterías		
Baterías Pioneiro Ind. Ltda	(49) 3537 7500	Treze Tílias / SC
Pioneiro Ecometals	(49) 3524 0670	Agua Doce / SC
Suzaquim / Faarte	(11) 3159 2929	São Paulo / SP
SIR Company Comércio e Reciclagem Ltda.	(11) 6966 5955	São Paulo / SP
Electrónicos		

Interamerican Ltda.	(11) 4178 1717	São Bernardo do Campo / SP
Lorene Importação e Exportação Ltda.	(11) 6902 5200	São Paulo / SP
Oxil – Manufactura Reversa	(19) 3833 2827	Paulínia / SP
Sanlien Exportação Ltda.	(11) 6954 2229	São Paulo / SP
SIR Company Comércio e Reciclagem Ltda.	(11) 6966 5955	São Paulo / SP
Sucata Eletrônica	(11) 8965 9312	São Paulo / SP
Target Trading S.A	(11) 3040 2513	São Paulo / SP
TCG Brasil Reciclagem Ltda.	(19) 3837 3313	Jaguariúna / SP
UMICORE	(11) 6121 1246	Guarulhos / SP
Xerox Comércio e Indústria Ltda.	(11) 4009 6290	São Paulo / SP

Fuente: Lixo eletrônico (Lix10)

Esta es una lista de las empresas dedicadas al sector del reciclaje, pero cabe resaltar que Brasil tiene una gran industria que trabaja con polímeros y metales, así como diversas investigaciones en este campo por universidades como la USP de São Paulo.

2.9 CASO RIO DE JANEIRO. UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

En la ciudad de Rio de Janeiro la cadena de reciclaje de RAEE no cuenta con una infraestructura sólida, a pesar de que existen legislaciones vigentes sobre los residuos sólidos y la adopción de Brasil del Convenio de Basilea.

Existen cooperativas dedicadas a la recolección, clasificación y venta de partes de RAEE, las cuales posteriormente venden a empresas que se dedican a la disposición final de estos aparatos, como incentivo del gobierno a la generación de empleo y de dar participación a este tipo de población que consta en su mayoría de trabajadores informales agrupados, que laboran sin ninguna legislación aparente y no cuentan con una protección adecuada para las actividades que realizan así como una información precaria sobre las repercusiones que pueden tener en cuanto a la salud concierne.

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO DE JANEIRO

La UFRJ cuenta con un programa llamado “Recicla CT” cuyo objetivo es el gerenciamiento de los residuos generados en el Centro de Tecnologías de la Universidad, así como su reciclaje y disposición.

En cuanto al manejo de RAEE la Universidad a través del programa “Recicla CT” se encarga de la recolección de los residuos, los cuales son entregados a cooperativas que se encargan de hacer el respectivo desmontaje de los mismos; según su estado, serán destinados a la reutilización en nuevos computadores utilizados por los mismos trabajadores, o la venta de partes a empresas encargadas de hacer la disposición final de este tipo de materiales.

Otro panorama muy diferente es presentado por el Laboratorio de Informática para a Educação LipE. Este laboratorio es parte del departamento de Engenharia Informática de la Universidad y también realiza actividades en torno a este tipo de residuos como son:

- **Reacondicionamiento:** Se examina el material obtenido dentro del mismo CT como donaciones o adquisiciones con el fin de determinar si sus componentes pueden ser usados para la conformación de nuevos equipos que tienen como destino la donación a escuelas e instituciones públicas.
- **Reciclaje:** Aquellas partes que no pueden ser reusados, son clasificados para examinar cuáles de ellos pueden ser usados en la fabricación de robots que utilizan un lenguaje Logo, utilizado en la enseñanza de matemáticas en las escuelas.

3. MATERIAL POLIMÉRICO

Dentro de la variada composición de los computadores e impresoras, está la gran cantidad de material polimérico utilizado especialmente en sus carcasas. En el presente proyecto se prestará especial atención a este material, ya que será objeto de estudio y materia prima para la fabricación de la propuesta en marcha.

El sector de reciclaje de polímeros en Brasil es una actividad reciente en cuanto a la industria de polímeros, pero equiparable en términos de producción a la de países desarrollados a pesar de las dificultades que enfrenta el País al tener una extensión de territorio tan grande que acarrea problemas de transporte de materia prima, un mercado consumidor que en general no está preocupado con el medio ambiente, un sistema predominante de recolecta y descarte de residuos pos-consumo que ocasiona suciedades en la materia prima y por ende el abaratamiento de sus precios, entre otras (Zanin, et al., 2009).

Un polímero es un compuesto formado por repetidas unidades estructurales llamadas meros cuyos átomos comparten electrones para formar moléculas muy grandes. Están constituidos generalmente por carbón y otros elementos como hidrógeno, nitrógeno, oxígeno y cloro. A su vez, se dividen en termoplásticos, termofijos y elastómeros.

En los inicios de la industria de los computadores, las carcasas eran fabricadas en con PVC⁵, pero actualmente están siendo fabricadas en ABS⁶. Debido a esto, en este proyecto antes de proceder con el material se llevará a cabo un procedimiento de identificación del polímero para su reciclaje.

3.1 POLÍMEROS TERMOPLÁSTICOS

Los polímeros presentes en los computadores e impresoras tienen una clasificación de polímeros termoplásticos. Los termoplásticos son materiales poliméricos que tienen la capacidad de ser ablandados y moldeados con el aumento de temperatura y endurecidos

⁵ Policloruro de Vinilo

⁶ Acrilonitrilo Butadieno Estireno

con la disminución de la misma gracias a la estructura de sus cadenas. Por esta razón es posible hacer alteraciones físicas de sus moléculas sin afectar su composición química. Estos materiales pueden someterse a múltiples ciclos de calentamiento y enfriamiento sin alterar sustancialmente la estructura molecular del polímero.

3.1.1 Policloruro de Vinilo PVC

El policloruro de vinilo o PVC por sus siglas (Polyvinyl Chloride) es un polímero termoplástico. Es uno de los polímeros sintéticos líderes a nivel mundial y es producto de dos fuentes naturales producidas por la tierra, gas y aceite (Leadbitter, et al., 1994).

El PVC se presenta en su forma original como un polvo blanco, amorfo y opaco.

3.1.1.1 Estructura molecular

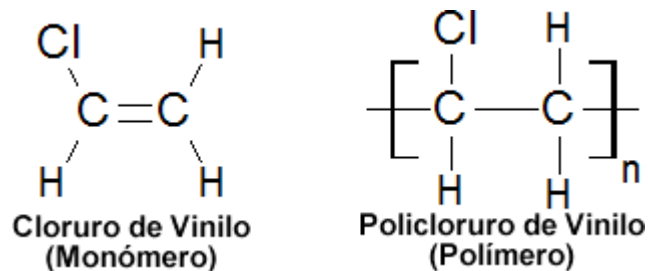


Figura 3. Estructura molecular del PVC

Fuente: Textos Científicos (Tex10)

3.1.1.2 Características del polímero (Mano, 1991)

Peso molecular: 50.000 – 100.000 g mol⁻¹

Densidad: 1,39 g cm⁻³

Índice de refracción: 1,53 – 1,56

T_m⁷: 263 °C ; T_g⁸: 81°C

Cristalinidad: 5 – 15%

Termoplástico, incoloro, transparente

⁷ T_m Temperatura de fusión o reblandecimiento

⁸ T_g Temperatura de transición vítrea

3.1.1.3 Propiedades representativas (Mano, 1991)

Alta resistencia a la llama; formación de piezas tanto rígidas como flexibles con plastificante; semejante al cuero; menor costo.

3.1.1.4 Aplicaciones típicas (Mano, 1991)

Forro de poltronas y acolchado de automóviles, separadores de baterías, revestimiento de hilos y cables eléctricos, tubos rígidos para agua y cañerías, empaques ríidos y transparentes para bebidas y alimentos, oallas de mesa, ropa de cuero artificial y bolsos, pisos, zapatos, etc.

3.1.2 Acrilonitrilo – Butadieno – Estireno ABS

El ABS es un material dimensionalmente estable y rígido. Es un copolímero industrial del estireno. Debido a que en un principio este material tenía deficiencias para ser procesado y en su homogeneidad, se incorporaron modificaciones en el proceso de obtención del polímero mediante la polimerización del acrilonitrilo - estireno en presencia del caucho.

3.1.2.1 Estructura molecular

La estructura del ABS es una mezcla de un copolímero vítreo (estireno – acrilonitrilo) y un compuesto elástico, principalmete el polímero del butadieno. La estructura con la fase elastómera del polibutadieno inmersa en una dura y rígida matriz SAN⁹.

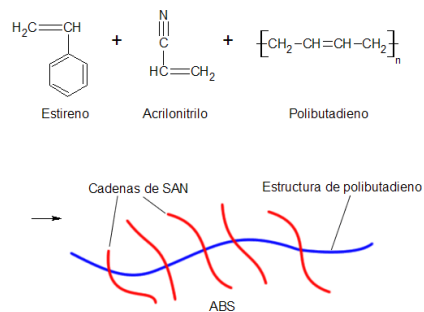


Figura 4. Estructura del ABS
Fuente: Textos Científicos(Tex10)

⁹ Copolímero de estireno - acrilonitrilo

3.1.2.2 Características del polímero (Wik10)

Peso molecular: 100.000 – 400.000 g mol⁻¹

Densidad: 1,05 g cm⁻³

Índice de refracción: 1,57

T_m: 140 - 180 °C ; T_g: -

Cristalinidad: -

Termoplástico duro, fuerte, resistente.

3.1.2.3 Propiedades representativas

Gran resistencia y tenacidad, buenas propiedades eléctricas, inflamable y soluble en disolventes orgánicos

3.1.2.4 Aplicaciones típicas

Recubrimiento de interiores de frigoríficos, cortacéspedes y equipos de jardinería, juguetes y dispositivos de seguridad de carreteras,, teléfonos, televisores, computadores.

3.2 CONFORMADO DE TERMOPLÁSTICOS

El término utilizado para designar este tipo de polímeros hace referencia a un material que puede hacerse fluir para poder moldearse o modelarse con la aplicación de temperatura. Aunque para el formado de los termoplásticos se requiere calentamiento, se necesita menos energía a comparación de otros materiales como los metales, ya que sus temperaturas de procesamiento son mucho más bajas.

3.2.1 Propiedades de los polímeros fundidos

Se hace referencia al término fundición, ya que el polímero necesita de un calentamiento previo hasta tomar una consistencia líquida para su moldeamiento. A raíz de esto, el polímero presenta unas propiedades tales como

3.2.1.1 Viscosidad

Los polímeros termoplásticos poseen un alto peso molecular, por esta razón cuando es fundido su consistencia es de fluido espeso con alta viscosidad. La relación entre viscosidad y peso molecular es proporcional, por tanto, a mayor viscosidad, mayor será el peso molecular, lo que ocasiona un menor flujo del material.

3.2.1.2 Viscoelasticidad

Es la dilatación que sufre el material cuando se encuentra bajo un esfuerzo de compresión, para ilustrar, cuando un material termoplástico se encuentra en el dado en la extrusión, el plástico caliente se expande cuando sale de la abertura del dado.

La cantidad de dilatación en el dado depende del tiempo que el polímero fundido permanece en el canal del dado (Montaño, 2004).

3.2.1.3 Índice de flujo de la fusión

El índice de flujo de la fusión es una medida que relaciona el flujo y la viscosidad características del polímero (Montaño, 2004).

3.2.2 Inyección

La inyección de plásticos consiste en una máquina que consta de un émbolo o pistón de inyección que se mueve rápidamente hacia adelante y hacia atrás para empujar el plástico fundido a través de un espacio existente entre las paredes del cilindro y una pieza recalentada situada en el centro.

Esta pieza central se emplea, dada la pequeña conductividad térmica de los plásticos, de forma que la superficie de calefacción del cilindro es grande y el espesor de la capa plástica calentada es pequeña.

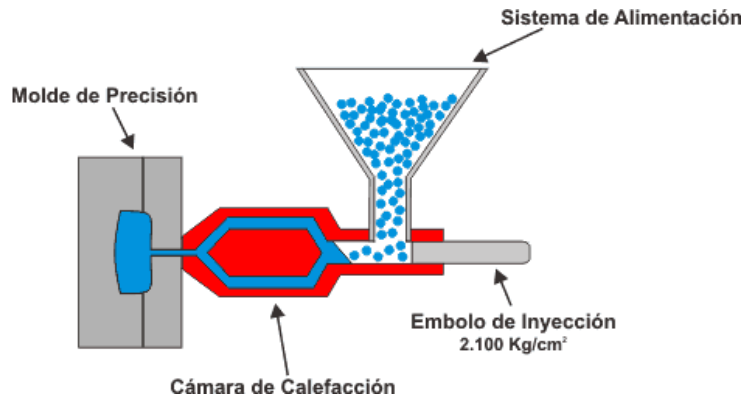


Figura 5. Moldeo por inyección
Fuente: Textos científicos

Bajo la acción combinada del calor y la presión ejercida por el pistón de inyección, el polímero es lo bastante fluido para llegar al molde cerrado, donde solidifica. Finalmente el molde se abre y la pieza es removida.

Los moldes utilizados para este proceso son elaborados en acero y este método de producción es de alta velocidad.

3.2.2.1 Tipos de moldes

Dependiendo de la dificultad de la pieza a fabricar y sus especificaciones existen diferentes tipos de moldes como se citan a continuación según la norma DIN E 16750 – Moldes de inyección para materiales termoplásticos.



Figura 6. Molde de Inyección
Fuente: Procesos Plásticos Inyectados (http://ppi.com.mx/Moldes_de_inyeccion.html)

Molde de dos placas

Son los moldes más sencillos. El polímero entra en el molde por medio de un canal de alimentación, recorriendo canales de distribución y llenando la cavidad pasando por una garganta.

Los canales son solidificados junto con las piezas y después del modelado necesitan ser separados.

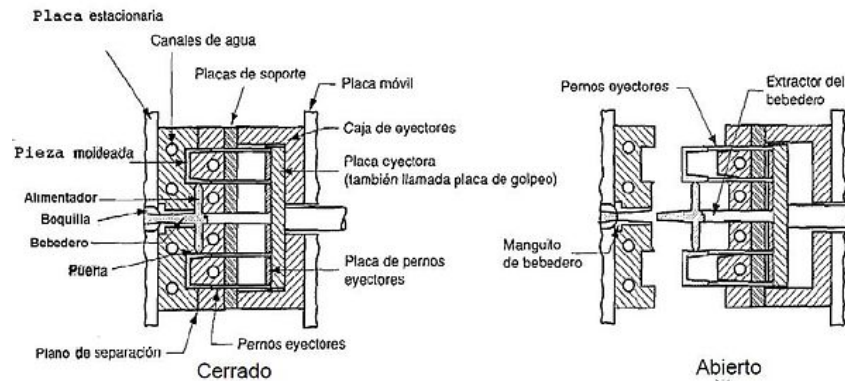


Figura 7. Molde de dos placas

Fuente: Wikiversity(Wik101)

Molde de tres placas

Este tipo de moldes también produce canales solidificados como en los moldes de dos piezas anteriormente descritos y permiten siempre que las piezas sean separadas de los canales durante la apertura del molde. Permite la alimentación central de las cavidades y significan un precio mayor que los de dos placas (Stockler).

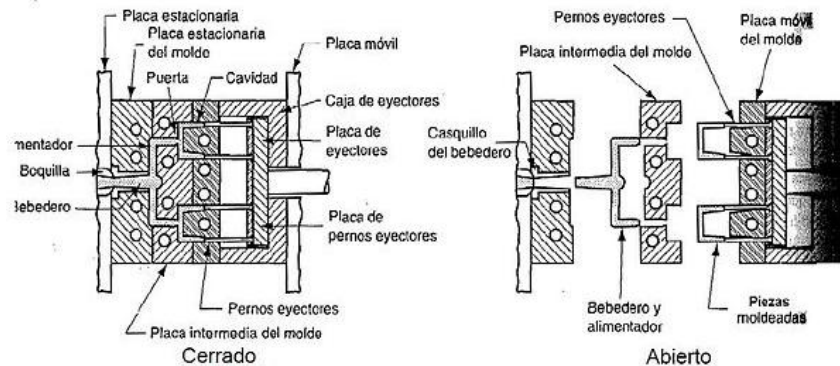


Figura 8. Molde de tres placas

Fuente: Wikiversity (Wik101)

3.2.2 Moldes de Canal Aislado

Son moldes en que el polímero permanece plastificado en el interior del molde entre los ciclos de inyección. Posee un punto de inyección para cada cavidad, lo que dispensa canales de alimentación y distribución.

Este tipo de moldes son bastante productivos porque debido a la ausencia de canales que se solidifican, requiere menor cantidad de polímero por ciclo de inyección, y permite que los ciclos sean menores gracias al tiempo de enfriamiento y de inyección (Stockler).

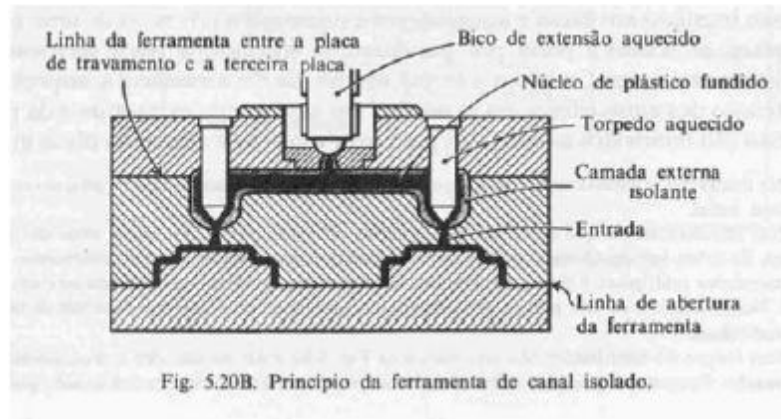


Figura 9. Principio de la herramienta de canal aislado
Fuente: Tipos de moldes de inyección (Stockler)

3.2.3 Moldes de Canal o Cámara Caliente

Son moldes en los cuales el polímero permanece plastificado en un distribuidor (Manifod) en el interior del molde entre los ciclos de inyección. Poseen las ventajas del molde de canal aislado al no tener canales que son solidificados, lo cual genera ahorro en material polimérico por ciclo de inyección y ciclos menores. Posee un control de temperatura, lo que garantiza que el polímero tenga la condición ideal para ser modelado (Stockler).

Molde Multi-Placas (Stack Mold)

Este tipo de moldes permiten aprovechar mejor la capacidad de plastificación y el área disponible para el aseguramiento del molde de la máquina en comparación a los demás moldes.

Este tipo de molde siempre es de canal caliente.

Moldes con Macho

Algunos tipos de moldes, dependiendo de la pieza a moldar, necesitan la incorporación de un macho. El macho es incorporado a una de las placas móviles.

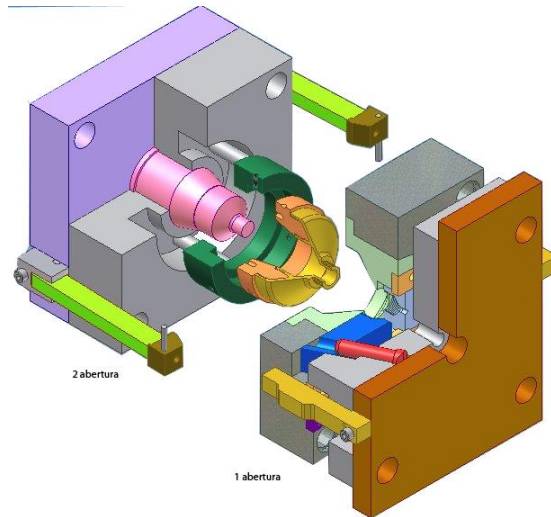


Figura 10. Molde con macho

Fuente: FEUP – Ingeniería Mecánica (Oliveira Fonseca, 2010)

3.2.3.1 Tensiones residuales y orientación molecular

Una característica de los polímeros termoplásticos es que son materiales amorfos lo que facilita el estirado de la fluidez mediante sus propiedades de expansión cuando está sometido a temperatura (la temperatura varía de acuerdo al material). En la operación, tanto la temperatura del molde como la del material son de suma importancia, ya que en cuanto más alta sea la segunda, más homogéneos serán los espesores y sufrirán menos contracciones elásticas.

Tabla 14. Relación de características de fundido

Polímero	Resistencia del Fluido	Estabilidad térmica	Temperatura de operación (°C)
ABS	E	E	160 – 200
PVC	B	B	160 - 200

E: Excelente ; B: Buena ; R: Regular ; M: Mala

Fuente: Wikiversity (Wik101)

3.2.3.2 Tolerancias para moldeo

Es necesario considerar las variaciones que puede tener una pieza al ser moldada. En el moldeo por inyección es necesario tener amplias tolerancias en pro de predecir la contracción que sufre el material, aunque en el diseño de moldes se elabora una hoja de parámetros técnicos del proveedor del polímero para obtener un rango específico.

Tabla 15. Tolerancias típicas en partes moldeadas de plásticos seleccionados

Plástico	Contracción (%)
ABS	0,4 – 0,8
PVC Rígido	0,6 – 1,2
PVC Plastificado	1,0 – 4,5

Fuente: Diccionario SensAgent (<http://diccionario.sensagent.com/moldeo+por+inyecc%C3%B3n/es-es/>)

3.2.4 Extrusión

Una extrusora utiliza un transportador de tornillo helicoidal, de esta manera, el polímero es transportado desde la tolva a través de la cámara de calentamiento hasta la boca de descarga. La abertura de la boca de la matriz tiene la forma del producto que se desea obtener. Este proceso es continuo.

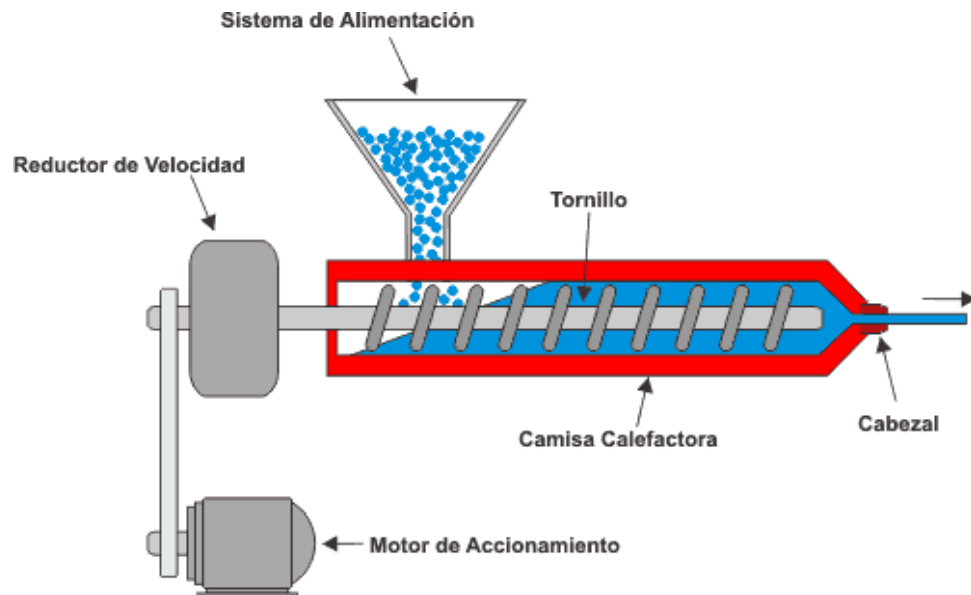


Figura 11. Moldeo por Extrusión

Fuente: Textos científicos

3.2.5 Protipado rápido FDM

El prototipado rápido es un proceso de manufactura utilizado para fabricar artículos de plástico, metal y cerámica; su principio de funcionamiento es conocido como tecnología de adición ya que este proceso de fabricación consiste en ir adicionando capas de material, y así capa por capa ir generando el modelo final; algunas de las más conocidas prototipadoras rápidas es la FDM (Fused Deposition Modeling), este equipo permite la manufactura directa digital (DDM), con esto las piezas diseñadas con software CAD pueden ser confeccionadas directamente para su uso definitivo; en este caso el DDM es el CAM implementado para este equipo. Las piezas fabricadas con este equipo ofrecen propiedades de resistencia a la tracción y al impacto.

3.3 UNIÓN DE PLÁSTICOS

Parara unir piezas plásticas existen diversos adhesivos así como ensambles mecánicos que no generan daños sobre la superficie del plástico. Gran parte de la calidad de la unión de los plásticos radica en la preparación de la superficie antes de utilizar el adhesivo, libres de humedad, aceite, agentes desmoldantes o cualquier otro contaminante.

3.4 ACABADOS PLÁSTICOS

Utilizando métodos como la inyección o prototipado rápido, lo que se pretende es que la pieza no necesite un tratamiento superficial posterior, ya que todo proceso de textura, impresión o grabado estará dado conforme al molde basado en la pieza para la inyectora. Sin embargo, al trabajar con PVC o ABS en la fabricación de los pellets es posible adherir pigmentos para dar color.

4. RECICLAJE DE RAEE

El proceso convencional de reciclaje de RAEE consiste básicamente en cinco pasos (Sodhi, et al., 2001):

1. Generación y almacenamiento: Diversos actores económicos adquieren, usan, almacenan y desechan residuos electrónicos. Estos van desde fabricantes (empresas multinacionales y PYMES), hasta hogares, instituciones y organizaciones sin ánimo de lucro.

2. Recolección: Existe una gran variedad de alternativas posibles para la recolección de desechos electrónicos. Varias entidades actualmente proveen este tipo de servicios incluyendo la industria electrónica, privada o sin ánimo de lucro y el sector público a través de la infraestructura del manejo de residuos sólidos.

3. Colaboración con Recicla CT: Las piezas que no son útiles para ninguno de las dos actividades mencionadas anteriormente, son enviados a RECICLA CT, donde son dispuestos según sus requerimientos.

4. Manejo e Intermediación: El siguiente eslabón en el proceso es el manejo de los servicios y la intermediación. Aquí los equipos electrónicos recogidos se consolidan y se preparan para la transformación y se determina qué equipo puede ser reacondicionado o reutilizado como unidad, y el equipamiento que debe ser desmontado para el procesamiento de los productos básicos.

5. Procesamiento: Después del desmontaje de equipos electrónicos, se transforma en materia prima o se acondicionan para la producción de nuevos o renovados productos. Las salidas de des-fabricación incluyen productos de desecho tales como vidrio, plásticos y metales. Para la exportación, existe una medida de acuerdos en cuanto a las prácticas ambientales contempladas en este estudio anteriormente.

6. Producción: El paso final en este ciclo es convertir los productos elaborados o restaurados en productos aptos para la venta y el consumo de los usuarios finales. En este

punto del proceso existen diferentes actores y sectores involucrados. La fracción de reciclaje es minúsculo en comparación con la producción de productos utilizando materiales vírgenes, pero las sustancias obtenidas mediante el reciclaje puede ser utilizada para diversos fines, incluso para la fabricación de los mismos equipos de los cuales se obtuvieron.

4.1 RECICLADO / RECUPERACIÓN DEL SISTEMA

El proceso de reciclado se inicia con el desmantelamiento y la separación rápida de los materiales. Las siguientes piezas y materiales restantes son separados para la siguiente etapa de reciclaje (Gaule):

- Material que contenga cobre: Incluye motores de la impresora y otros, alambres, cables, los yugos de los CRT, las tarjetas de circuitos, etc.
- Acero: Incluye los marcos internos de los computadores, las cajas de alimentación, partes de la impresora, etc.
- Plástico: Carcasas de computadores, impresoras, teclados, etc.
- Cobre: Extraído del transformador y de los CRT después de su desmantelamiento.
- Placas de circuitos: Estos vienen de diversos aparatos; unidades de disco, impresoras, monitores, etc.

4.1.1 División de la chatarra electrónica

4.1.1.1 Tarjetas de circuito impreso (PCB)

Las tarjetas de circuitos impresos contienen metales pesados como antimonio, oro, plata, cromo, zinc, plomo, estaño y cobre. Según las estimaciones, no hay otro producto para el que la suma de los impactos ambientales de la materia prima, refinación y producción industrial, uso y disposición sea tan extensa como para las tarjetas de circuitos impresos. Los métodos de recuperación del material de las placas de circuitos son altamente

destructivos y peligrosos, ya que implican el calentamiento y quema del material al aire libre para la extracción de los metales. Incluso después de utilizar estos métodos tan nocivos, solo se alcanza a recuperar un poco de los materiales. El reciclaje de tarjetas de circuitos impresos es extraído de monitores, CPU, discos y unidades de disco, impresoras, etc. y envuelve una serie de pasos.

4.1.1.2 Características de los residuos de PCB

Los desechos de PCB se caracterizan por la heterogeneidad significativa y alta complejidad relativa. Como se ha visto en relación con la composición de los materiales, los niveles de sustancias inorgánicas en particular, son diversos con relativos bajos niveles de metales preciosos; metales que se presentan como capas depositadas de diferentes espesores, en relación con cobre, soldaduras, y varias composiciones de aleación de metales no ferrosos y ferrosos. En A pesar de la heterogeneidad y la complejidad inherente, hay también muchas diferencias en las propiedades intrínsecas físicas y químicas de los muchos materiales y componentes presentes en los desechos de PCB, y de hecho chatarra electrónica como conjunto, para permitir el reciclaje enfoques que separan a estos en su persona fracciones. Las siguientes características direccionan la separación mecánica y metalúrgica, y están basadas en las técnicas actuales de reciclaje, así como prácticas que ya han sido implementadas.

4.1.1.2.1 Diferencia de densidades

Las diferencias en la densidad de los materiales contenidos en PCB de chatarra han formado la base para los métodos de separación para su separación como elementos constituyentes libres. Los rangos de peso específico de materiales típicos se muestran a continuación.

Tabla 16. Tabla de diferencia de densidades

Materiales	Rango específico de Gravedad (g/cm3)
Oro, platino, tungsteno	19.3 – 21.4
Plomo, plata, molibdeno	10.2 – 11.3
Magnesio, aluminio, titanio	1.7 – 4.5
Cobre, níquel, hierro, zinc	7.0 – 9.0
Fibra de vidrio	1.8 – 2.0

Fuente: Recovery of Precious Metals from Electronic Waste (Gaule)

Con estas densidades, no está significativamente afectada por la adición de aleación de agentes u otros aditivos, es previsible que el despliegue de la densidad de varios sistemas de separación disponibles dentro de la industria de proceso de materias primas pueden ser utilizadas para efectuar la separación de los componentes liberados de un rango de tamaño similar. Es esencial, como se ha señalado, la materia prima debe ser de un rango de tamaño limitado para garantizar la estratificación efectiva y la separación.

4.1.1.2.2 Diferencias de conductividad magnética y eléctrica

Los materiales ferrosos pueden ser separados fácilmente con la aplicación de magnetos de baja intensidad que han sido desarrollados en el procesamiento de minerales industria. Muchos materiales no ferrosos, en cuanto a su alta conductividad eléctrica pueden estar separados por medio de separadores de corriente electrostática y de Foucault. La separación por Corrientes de Foucault se ha desarrollado dentro de la industria del reciclaje con imanes fuertes permanentes como el hierro boro-neodimio. La separación por rotación de cinturón de corrientes de Foucault es el método más utilizado para la recuperación de metales no ferrosos y fracciones de metal. La fuerza resultante, derivados de la fuerza de repulsión y la fuerza gravitacional permite su separación de materiales no conductores. (Gaule)

4.1.1.2.3 Polimorfismo

Uno de los aspectos importantes de los PCB y desechos electrónicos es el polimorfismo de los distintos materiales y componentes, y el efecto que esto puede tener sobre los materiales en la liberación. Es esencial tener en cuenta esto en cualquier proceso de trituración y separación. En la separación de corrientes de Foucault, la forma de los componentes de la conducción, además de su tamaño de partícula y de la conductividad/ratios de densidad, tienen un efecto significativo sobre la generación de fuerzas de repulsión que en última instancia, rigen la eficiencia de separación. (Gaule)

4.1.1.2.4 Tamaño de la liberación

El grado de liberación de materiales en la trituración y molienda es crucial a la eficiencia y la eficacia de cualquier proceso posterior de separación con respecto al rendimiento, la calidad del material recuperado y el consumo energético del proceso. Esto es

especialmente crítico en los enfoques de la separación mecánica. Se ha demostrado que la trituración de chatarra PCB genera un alto nivel de la liberación material. Debe señalarse, que una observación continua de los recicladores es la pérdida sobretodo de metales preciosos.

4.1.1.2.5 Reactividad química

Los métodos hidrometalúrgicos dependerán de la disolución selectiva y no selectiva para lograr una solubilización completa de todas las fracciones metálicas contenidas en el PCB chatarra. Aunque todos los enfoques de la hidrometalurgia se benefician claramente de la trituración previa, se trata fundamentalmente de reducir el volumen a granel para exponer una gran área de superficie de los metales contenidos en la química de grabado. La disolución selectiva puede utilizar la gran capacidad del grabado químico base de cloruro cúprico o sulfato de amonio para la eliminación de cobre, la base de ácido nítrico para la disolución de la soldadura y agua para la disolución de metales preciosos.(Gaule)

4.1.1.2.6 Electro-positividad

Los metales disueltos generados por la disolución del producto químico presentes como especies ionizadas dentro de un medio acuoso pueden ser recuperados a través de una alta eficiencia electrolítica sistemas de recuperación. En el caso de disolución selectiva, se puede hacer uso de las electro-positividades distintas de los diferentes contenidos ionizados de las especies metálicas para el selectivo proceso de recuperación de metales a niveles discretos de voltaje aplicado.

4.1.1.3 Desmontaje

En la práctica del reciclaje de residuos de aparatos eléctricos y electrónicos, el desmontaje selectivo es un proceso indispensable para:

- El re-uso de componentes como primera prioridad
- Es esencial el desmantelamiento de componentes peligroso
- El desmantelamiento de componentes valiosos como circuitos impresos, cables, plásticos de ingeniería en orden de simplificar el posterior proceso de recuperación de los materiales.

4.1.1.3.1 Proceso mecánico/físico

1. Exploración: La exploración no ha sido utilizada solo para preparar un tamaño uniforme de las piezas para la alimentación del proceso mecánico, sino para el mejoramiento del contenido de los metales. Es necesario porque las propiedades de tamaño y partícula, así como la forma de los metales son diferentes de los de plástico y cerámica. El principal método de detección en la recuperación de metales utiliza una pantalla giratoria o un tambor; esto también es utilizado en el tratamiento de los residuos sólidos urbanos.
2. Separación de forma: Las técnicas de separación de forma se han desarrollado sobre todo para el control de las partículas de polvo en la industria. Los métodos de separación fueron clasificados en cuatro grupos por Furuuchi: 1) Velocidad de la partícula en una pared sólida inclinada, 2) El momento en el que las partículas tienen que pasar por una abertura de malla, 3) De la fuerza de cohesión de la partícula a una pared sólida y, 4) La velocidad de la partícula en un líquido.
3. Separación magnética: Los separadores magnéticos, en particular los de baja intensidad del tambor, son ampliamente utilizados para la recuperación de los metales ferromagnéticos de los no ferrosos y otros residuos no magnéticos. Durante la última década, ha habido muchos avances en el diseño y operación de los separadores magnéticos de alta intensidad como resultado de la introducción de especies raras de imanes de la tierra capaces de proporcionar intensidades de campo muy altas y gradientes.
4. Conductividad eléctrica basada en la separación: La conductividad eléctrica separa los materiales de diferentes conductividades (o resistencia).
5. Separaciones basadas en densidad: Se emplean varios métodos diferentes para separar los metales más pesados de los ligeros, basado en la densidad de los componentes. Mediante la concentración de la gravedad, se separan los materiales de la gravedad específica diferente por su movimiento en respuesta a la fuerza de gravedad de uno o más fuerzas, este último es la resistencia al movimiento que ofrece

un fluido como el agua o el aire. El movimiento de una partícula en un fluido no depende solo de la densidad de la partícula, sino también de su forma y tamaño, ya que las partículas grandes se ven más afectados que las pequeñas.

4.1.1.4 Monitores

Los monitores son muy codiciados por los vendedores de chatarra, ya que contienen una buena cantidad de cobre, además del circuito integrado y del tubo de imagen. A continuación se presentan diferentes procesos de recuperación:

4.1.1.4.1 Desmontaje del CRT y extracción de los componentes

El primer paso en el reciclaje de monitores consiste en la remoción de la carcasa plástica, el tubo de imagen (CRT) y las placas de cobre que se hace manualmente.

4.1.1.4.2 Recuperación del vidrio de CRTs

Los CRT defectuosos se rompen para recuperar los marcos de hierro del embudo de vidrio. Los vidrios y marcos de hierro de los tubos de imagen se les da a los comerciantes de residuos.

4.1.1.4.3 Transformadores

El núcleo de cobre se recupera de las bobinas que se encuentran alrededor del extremo del tubo de imagen y se vende a las fundidoras de cobre y bobinadoras. Aparte del núcleo metálico también se recuperan los transformadores montados en el tablero del circuito de los computadores. La bandeja del circuito también contiene un número de condensadores de diferentes tamaños. Dependiendo de su condición y de la demanda del mercado secundario para su utilización se pueden vender a recicladores, pero si son defectuosos se venden con la placa base.

Existen unos transformadores de tierra "Rare Earth Core" que se hierven en agua con pequeñas cantidades de soda caustica, lo que conlleva a la pérdida de unión con el centro, dando lugar a un núcleo del cual se extrae cobre.

4.1.1.4.4 Extracción de cobre de los cables

Existen dos tipos de procesos para la extracción del cobre de los cables:

1. Elaboración manual de alambres de cobre
2. La extracción del cobre por la quema de los cables

4.1.1.5 Eliminación

En muchas partes del mundo se observa que la práctica más común para la eliminación de residuos es simplemente tirar a la basura doméstica, cosa que con el tiempo termina en vertederos, o como basura incinerada.

4.1.1.6 Prácticas inadecuadas de reciclaje de RAEE

4.1.1.6.1 Incineración no controlada

Residuos quemados a fuego abierto, a temperaturas relativamente bajas, lo cual emite más contaminantes que una incineración en un horno. La inhalación de este tipo de emisiones provoca ataques de asma, infecciones respiratorias y otros problemas de salud como fueron expuestos anteriormente en el presente documento. Entre los gases liberados por la incineración de PVC por ejemplo, se tiene el cloruro de hidrógeno el cual al mezclarse con el agua en los pulmones se convierte en ácido clorhídrico, lo que provoca corrosión del tejido pulmonar y varios problemas de respiración. También el material incinerado produce cenizas que se pueden inhalar, así como la liberación de monóxido de carbono.

4.1.1.6.2 Relleno sanitario

El relleno sanitario es uno de los métodos más usado para la disposición de residuos de toda clase. Como es bien sabido, los residuos contienen metales pesados y otras sustancias tóxicas que pueden contaminar el suelo y los recursos como el agua. Por ejemplo, el mercurio se escapa cuando ciertos aparatos electrónicos como cortacircuitos están demolidos, el plomo se libera de los vidrios como los CRT, los plásticos con

retardantes de llama bromados o que contienen cadmio contaminan el suelo y las aguas subterráneas.

Otro tipo de problemas de los rellenos sanitarios es la vaporización de compuestos volátiles como el mercurio, además, estos rellenos son propensos al fuego sin control lo cual puede ocasionar humos tóxicos.

4.1.1.6.3 Reciclaje informal

En este tipo de reciclaje por lo menos se hace una separación primaria de los aparatos eléctricos y electrónicos, pero conforman un alto peligro potencial para el medio ambiente y la salud humana debido a los procesos precarios que realizan para recuperar componentes. Este escenario es más observado en los países en vía de desarrollo, y se constituye como una problemática social en países como India y China, en el cual incluso niños viven entre los desechos, sin ningún tipo de precaución o de seguridad, expuestos a todos los tipos de procesos, emisión de gases, etc. al que son expuestos en este tipo de lugares.

4.2 RECICLAJE DE PVC Y ABS

Hasta el momento se han tenido en cuenta las características del PVC y el ABS como materias primas del mercado primario, pero dado a que este proyecto utiliza como base el DFM (Design for Manufacturing) centrado en el proceso de recuperación de materias primas a través del reciclaje se aborda desde el trabajo realizado al interior del alma máter. La cadena de reciclaje de los plásticos esencialmente puede ser descrita en las diferentes etapas: recolecta selectiva, triage y acondicionamiento, reciclaje (transformar residuo reciclable en material reciclado), industrialización (transformación del material en un producto de interés social), comercialización y consumo (adquisición del producto).

Como se puede observar, el proceso de uso de los plásticos es cíclico. “o caminho da reciclagem e reutilização promove valor ao plástico e são esperadas ações do cidadão comum e de vários outros agentes. Entre tanto, o caminho convencional de descarte e coleta comuns de resíduos, em que os resíduos plásticos são destinado ao aterro e/ou lixões, promove custos ambientais e econômicos” (Zanin, et al., 2009). Esto quiere decir

que el hecho de promover el reciclaje y la reutilización del plástico le confiere valor, ya que no es una acción meramente productiva, sino que el hecho de que un ciudadano se incorpore directamente a la cadena y se comprometa con el reciclaje, de lo contrario, el proceso de reciclaje común acarreará costos ambientales y económicos.

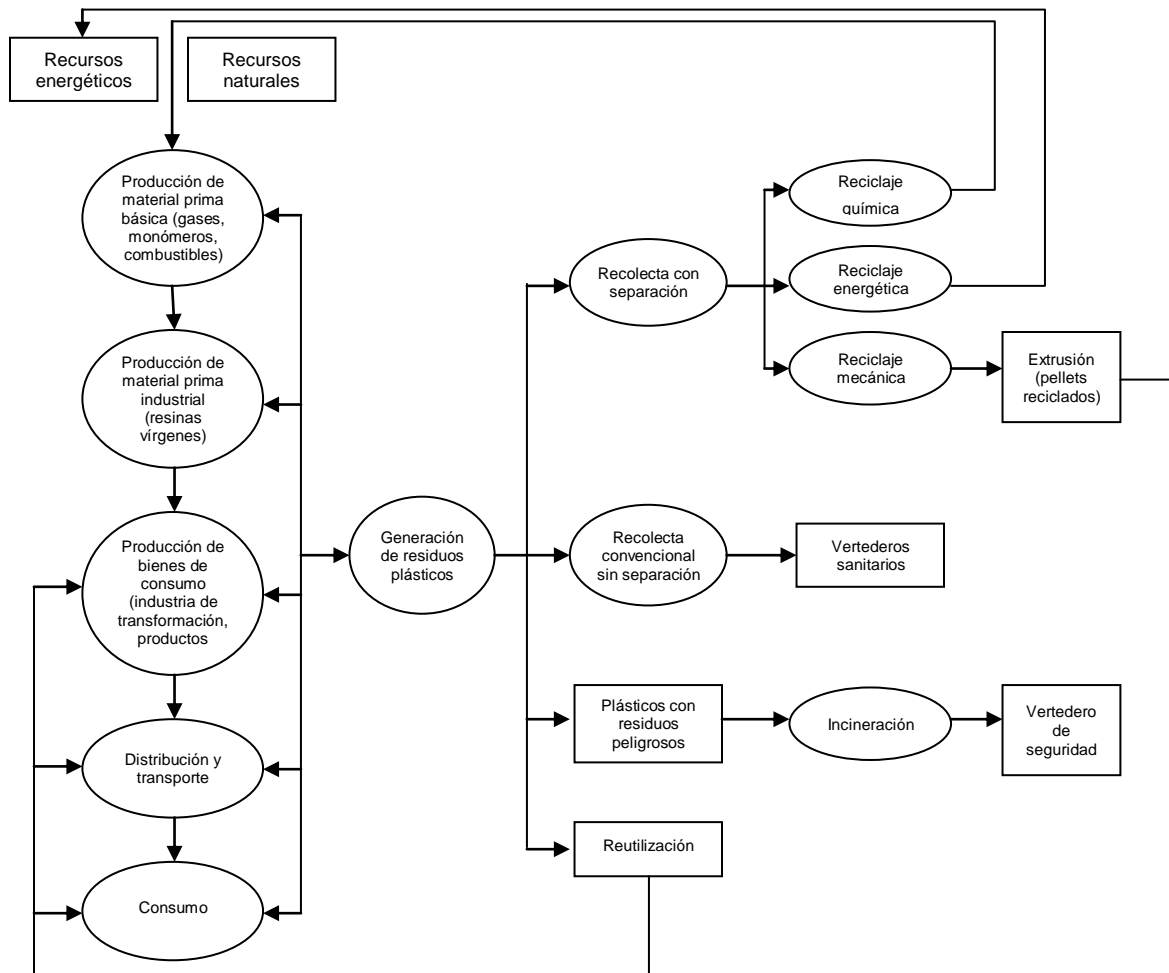


Figura 12. Representación esquemática del ciclo de la cadena de los plásticos post-consumo

Fuente: Residuos Plásticos y Reciclaje (Zanin, et al., 2009)

4.3 RECOLECCIÓN DEL MATERIAL

El primer proceso a realizarse dentro del reciclaje es la recolecta del material a ser transformado. Esta recolecta puede ser hecha de varias formas a seguir:

- Recolección hecha por empresas del sector del reciclaje periódicamente
- Recolección hecha por trabajadores informales
- Recolección hecha en instituciones
- Recolección a través de campañas gubernamentales
- Sitios dispuestos especialmente para residuos eléctricos y electrónicos
- Devolución a sitios de acopio municipales
- Devolución a tiendas y almacenes vendedores de aparatos eléctricos y electrónicos
- Opción de pedir el servicio de recolecta por teléfono o internet

Al interior de la Universidade Federal do Rio de Janeiro, existe una entidad encargada de hacer el proceso llamada RECICLA CT. También pueden encontrarse laboratorios con trabajos afines en pro del desarrollo social como se explicó en el capítulo 1 del presente trabajo.



Figura 13. Centro de Triagem Recicla CT y canecas dispuestas en el campus de la UFRJ

Fuente: Autor del proyecto

4.4 TIPOS DE RECICLAJE DE PLÁSTICO

La sociedad Americana de Ensayos de Materiales ASTM, normalizó una división de los tipos de reciclajes plásticos, tratándose en este caso de reciclaje primaria, ya que el material fue previamente separado de los demás componentes de computadores e impresoras.

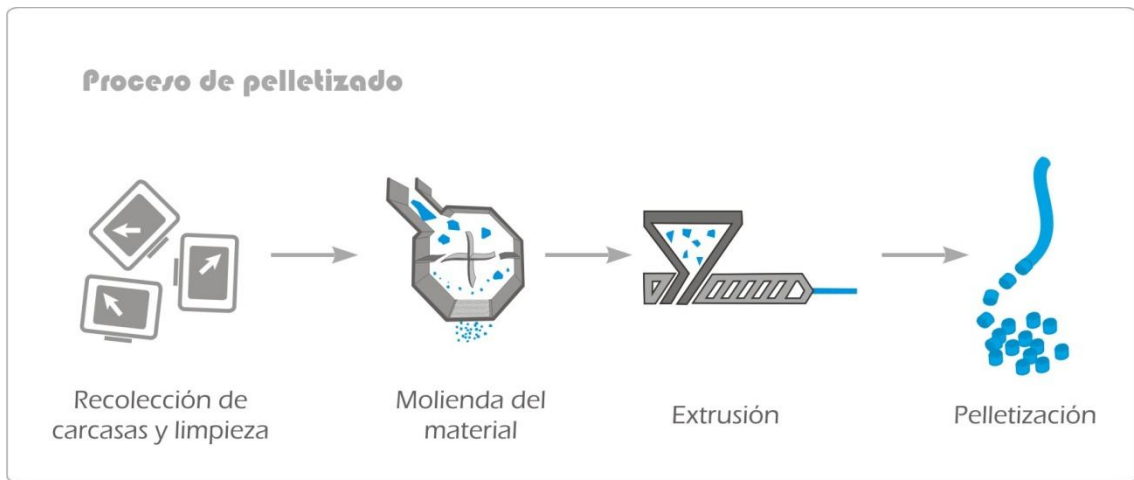


Figura 14. Proceso de pelletización
Fuente: El autor del proyecto

4.4.1 Identificación de polímeros

Es fundamental en este punto del proceso hacer una identificación de los polímeros utilizados para fabricar las carcasas de los computadores e impresoras, aunque anteriormente fue especificado que son hechos de ABS y PVC, sin embargo, se hace necesario el estudio más profundo y detallado de los polímeros para un acercamiento más acertado hacia la solución del problema que se plantea. Entre las pruebas utilizadas para la identificación de los polímeros existen unas pruebas sencillas que pueden realizarse para tener una idea base del polímero que fue utilizado para la manufactura del elemento y no requieren un equipo especializado. Para el proceso de prototipado rápido, es esencial que el polímero sea termoplástico, a seguir, se presentan una serie de pasos básicos para identificar polímeros, haciendo énfasis en la identificación de los materiales termoplásticos.

4.4.1.1 Observar la muestra

Esto proporciona mucha información. Observar características como el color (especialmente en termofijos que tienen un cierto rango de colores), el brillo (el polipropileno tiende a ser más brillante), aquellos que permiten transparencias (acrílicos, poliestireno cristal, policarbonato, etc.).

4.4.1.2 El tacto

Para esta prueba se requiere cierta experiencia, ya que con ella se adquiere cierta sensibilidad. Por el ejemplo, las poliolefinas tienen una textura muy distinta y son fáciles de reconocer, la presencia de fibra de vidrio o de otros materiales reforzantes alteran la textura y dureza de la muestra, por lo cual en ocasiones es posible detectar si el plástico contiene alguno.

4.4.1.3 Cortar un fragmento de la muestra

Si el pedazo cortado forma pedazos desmenuzables se trata generalmente de un material *termofijo*. Mientras que si el pedazo consiste en largas astillas es probable que se trate de un material *termoplástico*.

4.4.1.4 Material Termoplástico

El pedazo cortado forma largas astillas lo cual indica que el material es un termoplástico, para lo cual las pruebas subsecuentes serán:

1. Calentamiento de un alambre y toque del plástico con el alambre caliente. Si la muestra se funde se confirma que se trata de un termoplástico. En caso contrario se trata de un termofijo.
2. Arrojar la muestra contra una superficie dura y escuchar el sonido del golpe. Si suena metálico, probablemente se trate de un polímero de estireno. En caso contrario, lo más probable es que el estireno no sea su base, a menos que se trate de un plástico espumado o que sea un poliestireno de alto impacto.

Existen otro tipo de pruebas que requieren un equipo más especializado como lo son:

- Prueba de combustión y olor. Exposición directa a la llama.
- Prueba de fusión

4.4.2 Reciclaje mecánica

La característica de este tipo de reciclaje mecánico es que para obtener nuevamente el material polimérico utiliza equipos, herramientas, maquinaria y procesos semejantes a los utilizados en la industria de los plásticos. Es utilizado para procesar grandes volúmenes de plástico.

Para este fin, el material debe adecuarse para eliminar residuos de otras sustancias que le puedan quitar pureza y que puedan ser difíciles de identificar después del proceso, lo que ocasiona un aminoramiento en la calidad del mismo.

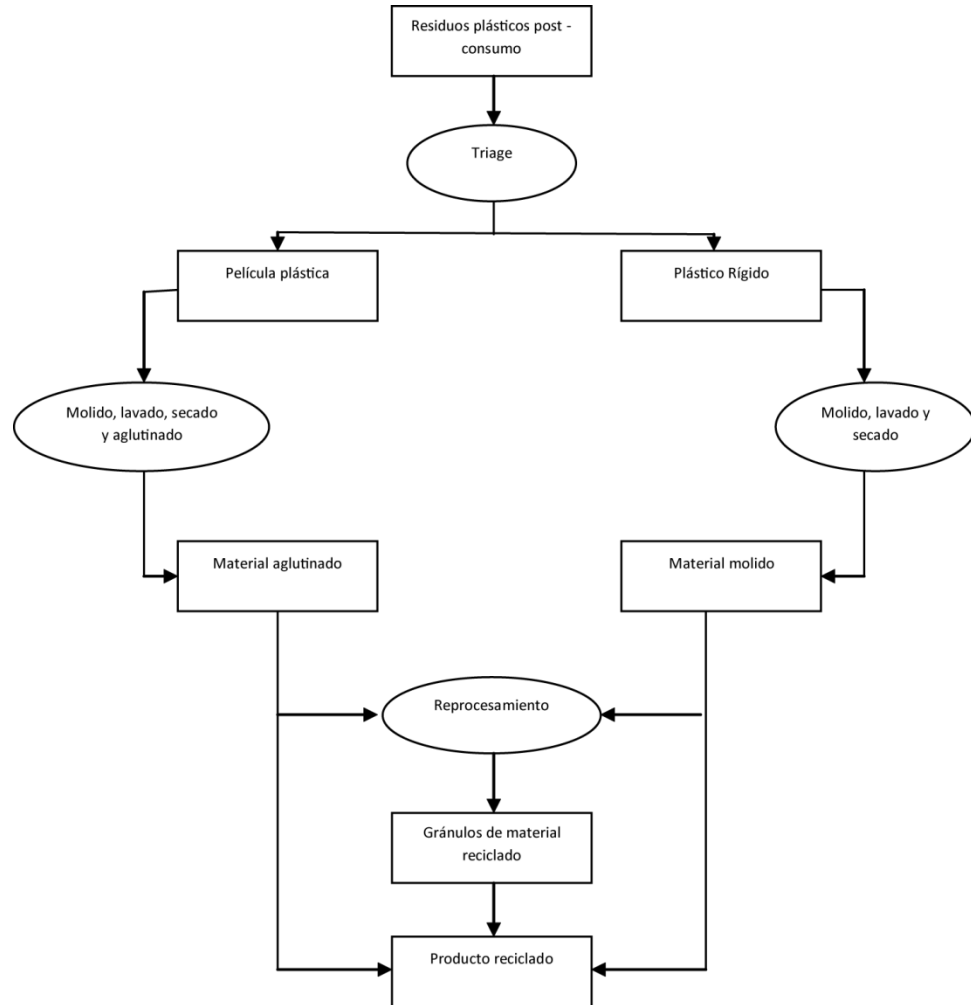


Figura 15. Etapas simplificadas del proceso de reciclaje mecánica de plásticos

Fuente: Residuos Plásticos e Reciclagem(Zanin, et al., 2009)

4.4.3 Separación

Para obtener buenos resultados, es necesario hacer una separación de los tipos de plásticos si no se tiene la certeza de que todos son del mismo tipo. Esa separación puede ser hecha por el consumidor, o por profesionales (recicladores y funcionarios de centros de triage de empresas de reciclaje).

Esto se hace con el fin de vender el material a empresas especializadas en reciclaje, un volumen aproximado de la cantidad de material necesario para vender es de 250 litros, con cerca de 50 kg de plástico prensado (Zanin, et al., 2009).

4.4.4 Molienda

Una vez se tiene separado y clasificado el material se procede a su molienda con el fin de reducir el tamaño. El material molido se conoce como copos o astillas (flakes), que deben tener un tamaño adecuado para las etapas subsecuentes. Un tamaño razonable dentro de la industria del reciclaje varía en torno a 1 cm.

Para este fin hay varios tipos de molinos: de bolas, martillo, impacto y cuchillas, siendo este último el más usado para los plásticos.

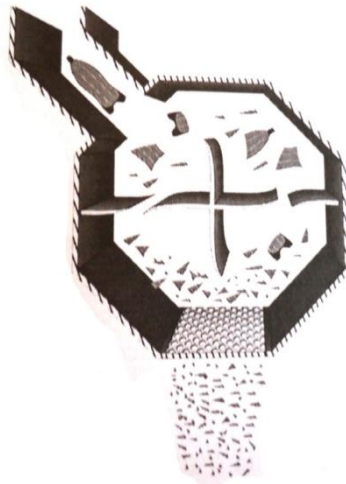


Figura 16. Esquema del mecanismo de funcionamiento de un molino de cuchillas triturando una botella y su producto

Fuente: Residuos Plásticos e Reciclagem

Como se observa en el esquema, las partículas pasan primero por un tamiz, y el material restante vuelve a ser molido con el propósito de obtener el tamaño ideal.

También es muy común utilizar un molino de impacto, en el cual el material pasa por una tolva que envía el material hacia las machacadoras que se encargan de proyectar el material contra la pared exterior de superficie acanalada, lo que produce la disminución de tamaño. Finalmente, al final del proceso pasan por un tamiz a través del cual solo pasan las partículas que tienen el tamaño adecuado. Este proceso es realizado por efectos de choque y cizallamiento.

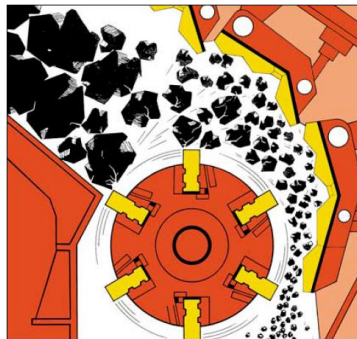


Figura 17. Molino de Impacto

Fuente: AUBEMA Maschinen Mit Biss Impact Mill

4.4.5 Lavado

El lavado de las partículas es fundamental en el proceso, ya que garantiza pureza en el material a obtener, en algunas ocasiones son utilizadas agua y soluciones acuosas con el fin de eliminar impurezas más difíciles.

4.4.6 Enjuague

En caso de haber utilizado productos químicos como jabones, detergentes o soda caustica, es necesario hacer un enjuague para eliminar los residuos de estos productos que se pueden adherir a las superficies.

4.4.7 Secado

Esta es una etapa muy importante y se realiza con el fin de eliminar cualquier tipo de residuo de agua que se haya adherido a la superficie del polímero, ya que de no hacerse esto, el polímero al ser sometido a altas temperaturas sería afectado en sus propiedades. Puede utilizarse temperatura para el secado de las partículas, o soluciones de menor costo como el centrifugado.

4.4.8 Extrusión

Una vez están las partículas listas para su transformación, se emplea el método de extrusión para obtener barras de polímero que posteriormente son cortados en "pellets" o pequeñas bolas de material polimérico. Estos pellets son la materia prima a ser utilizada en los diferentes procesos de conformado de plásticos como la inyección.

5. ENSAYOS DEL MATERIAL

Para realizar los ensayos del material, se utiliza como muestra una carcasa de computador obtenida en el laboratorio LiPE.

Como primer paso se realiza un lavado de la carcasa para eliminar polvo, grasa y suciedad en general, así como stickers de la carcasa. Acto seguido, se hace una exploración preliminar con el fin de obtener información sobre el tipo de material de la misma, como segundo paso, se pesa la carcasa, obteniéndose como resultado un peso de 1100 gr.



Figura 18. Muestra de la carcasa e inspección de la misma

Fuente: Autor del proyecto

5.1 QUEBRADO DE LA CARCASA Y PARTICIÓN PRIMARIA

Este proceso de quebrar y partir primariamente la carcasa se hace con el objetivo de tener un tamaño apto para el molino disponible en el laboratorio del IMA (Instituto de Macromoléculas) Heloisa Mano. Cabe resaltar, que en la industria son utilizados grandes molinos industriales que no necesitan este paso.

Para esto, fue utilizado en un principio un martillo. En este proceso se quebró la carcasa y posteriormente en los laboratorios de mecánica se utilizó una sierra circular para cortar las piezas en pedazos más pequeños como se puede observar en las siguientes figuras 7 y 8 respectivamente.



Figura 19. Carcasa quebrada con martillo

Fuente: El autor del proyecto



Figura 20. Partículas de carcasa preliminares

Fuente: El autor del proyecto

Después de este proceso se hace nuevamente un pesaje del material para tener una idea de cuánto se ha perdido en el proceso, ya que al no contar con un ambiente controlado sino al usar un taller para estos fines, existen residuos tales como viruta y rebaba que se pierden en el entorno de trabajo.

El nuevo peso del material es de **995,41 gr.**



Figura 21. Balanza electrónica de precisión automática

Fuente: Autor del proyecto

Como resultado, hubo una pérdida de material durante el proceso equivalente a **104,59 gr.**

5.2 MOLIENDA

Debido al tamaño de las partículas y el material de la carcasa, el molino a utilizar fue un molino de impacto.

El molino utilizado también es un molino del Laboratorio IMA Heloisa Mano y se puede observar en la siguiente Figura 10.



Figura 22. Molino de Impacto

Fuente: El autor

Para este proceso fueron utilizados **725,14 gr** de material, y al final se obtiene **708,98 gr** de material molido.

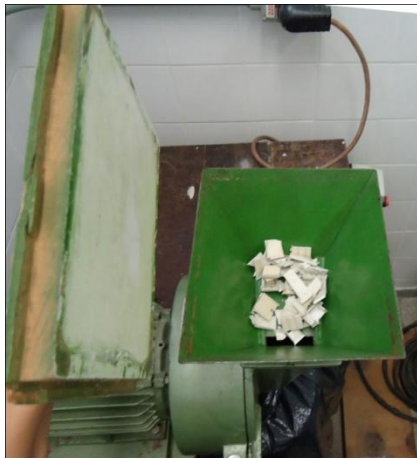


Figura 23. Alimentación del molino de impacto y material pulverizado

Fuente: El autor del proyecto

Como no se utilizó todo el material para la molienda, quedó un peso de material equivalente a **270,27 gr**, obteniendo como pérdida de material **16,16 gr** equivalentes a un **2,23 %** de la muestra. Esta pérdida está representada en las partículas que se adhieren a las superficies debido a la alta polaridad del material, a las partículas que quedaron dentro de la máquina, piso, manos, herramientas, entre otros.

5.3 IDENTIFICACIÓN DEL POLÍMERO

Con el fin de realizar la extrusión se realiza una prueba básica de identificación del polímero, consistente en exponer las partículas directamente a una llama sobre un alambre de cobre. En este proceso se observó que al exponer unas partículas sobre un alambre de cobre directamente en la llama, esta toma una coloración verde al cabo de unos segundos, lo cual indica que el material en cuestión es PVC. A continuación se presenta en la Figura 12 el ensayo empleado para la identificación del material.



Figura 24. Identificación del polímero

Fuente: El autor del proyecto

5.4 EXTRUSIÓN DEL MATERIAL

Como siguiente paso se procede a hacer la extrusión del material pulverizado. Debido a que el material obtenido es PVC y el proceso es de reciclado, la máquina extrusora fue configurada con las siguientes propiedades:

Revoluciones: 70 rpm

Temperatura: 150°, 160°, 170°, 180°.

Torque: 52 N.m.



Figura 25. Máquina Extrusora

Fuente: El autor del proyecto

En las siguiente Figura 14. Puede observarse con mayor detalle la boquilla de la extrusora, así como el embudo alimentador del tornillo.



Figura 26. Detalle Máquina Extrusora

Fuente: El autor del proyecto

Debido al material de muestra correspondiente a PVC, durante el proceso de extrusión se libera HCL, razón por la cual se hace necesaria la utilización de un equipo de protección

como careta, gafa y bata durante el proceso. Así mismo, la máquina posee un extractor de emisiones como se puede observar en la siguiente Figura 15.



Figura 27. Detalle extractor de gases máquina extrusora

Fuente: Autor del proyecto

Para este proceso se hizo un control del agua utilizada por la máquina extrusora durante el proceso para efectos de refrigeración y se estableció que la cantidad de agua circulante equivale a **910 mL** por minuto. Debido a que el proceso de extrusión de la muestra de 708,98 gr tuvo una duración de 10 minutos, la cantidad de agua utilizada por la máquina extrusora para su refrigeración equivale a un total de **9100 mL** de agua.

Aparte de esto, para la refrigeración o curado del material ya extruido, se utiliza una pila con una cantidad de **6000 mL** de agua, lo cual da un total para todo el proceso de **15100 mL**. Cabe resaltar que esta agua no se encuentra contaminada con ningún tipo de refrigerante o aceite de la máquina.

A continuación se presenta en la Figura 16. detalle sobre el proceso de extrusión.



Figura 28. Detalle de extrusión de PVC

Fuente: Autor del proyecto

5.5 PELLETIZADO

Como proceso final se encuentra el pelletizado y se utiliza una pelletizadora marca Brabender.

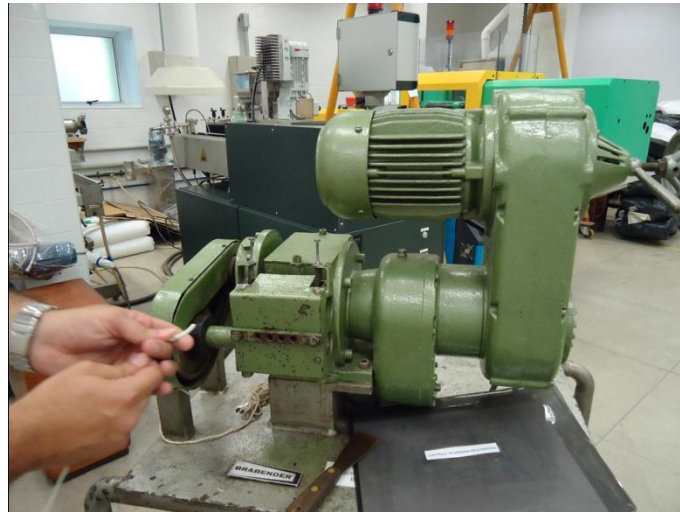


Figura 29. Pelletizadora

Fuente: El autor del proyecto

La pelletizadora es alimentada con el material extruido, la cual corta automáticamente el tamaño de los pellets.



Figura 30. Muestra de los pellets obtenidos

Fuente: Autor del proyecto

Así mismo, durante este proceso de extrusión se observa una gran cantidad de material perdido, que básicamente se encuentra en los siguientes puntos:

- Material que se usa para limpiar el tornillo extrusor.
- Material que queda sin extrudir dentro del tornillo extrusor.
- Material que no se pelletiza debido a su poco diámetro, lo que lo hace no apto para el pelletizado.

El peso final del material pelletizado corresponde a **641,24 gr.**

5.6 MELT FLOW INDEXER (MFI). ÍNDICE DE FLUIDEZ.

Es una prueba realizada a los polímeros para conocer su fluidez y está medida en g/10 min. Se define como la cantidad de material (medido en gramos) que fluye a través del orificio de un dado capilar en 10 minutos, manteniendo constantes presión y temperatura estándares (Wik).

El índice de fluidez consiste en tomar una cantidad de polímero a una temperatura conocida arriba de su T_g (temperatura de transición vítrea) y obligarlo con la fuerza de gravedad y un peso dado a través de un orificio por un tiempo determinado, (según la norma que se utilice, e.g. ASTM)

.Para este ensayo se utilizaron las siguientes condiciones:

- Tamaño de la muestra: 5 gr.
- Temperatura de fusión: 210°
- Tiempo de fusión: 180 seg
- Tiempo de corte: 20 seg
- Número de cortes: 5
- Peso a utilizar: 2,160 Kg

En las siguientes Figuras 19, 20 y 21 se ilustra el proceso.



Figura 31. Alimentación Máquina MF

Fuente: Autor del proyecto



Figura 32. Presión mediante un émbolo

Fuente: Autor del proyecto

Mediante el peso de 2,160 Kg se ejerce presión tal como se explicó anteriormente.



Figura 33. Detalle material de ensayo

Fuente: Autor del proyecto

En la Figura 21 se puede observar cómo fluye el material a través del orificio. A partir de esto se realizaron 5 cortes cada 20 segundos.

5.7 RESULTADOS

Después de realizar los cortes, cada corte es pesado y a su vez, su peso es introducido en la máquina con el fin de obtener el índice de fluencia de cada uno de ellos como se muestra a continuación:

Tabla 17. Datos de los Cortes del material y MFI

Muestra	Peso (gr)	MFI (g/10min)
1	0,08	2,4
2	0,07	2,1
3	0,07	2,1
4	0,07	2,1
5	0,09	2,7

Con estos datos se calcula la media para obtener el Índice de fluencia del material

$$MFI_{PVC} = \frac{2,4 + 2,1 + 2,1 + 2,1 + 2,7}{5} = \frac{11,4}{5} = 2,28 \text{ g/10min}$$

6. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA DE DISEÑO

Realizado el proceso de investigación y estableciendo las pautas del proyecto, se procede a plantear el problema a resolver.

- Necesidad: Reaprovechar las carcasas de computadores e impresoras resultantes del proceso de reciclaje implementado al interior de la Universidad.
- Características de la familia de objetos: Elaboración de un “brinde” o regalo institucional, para ser elaborada con la tecnología disponible en el laboratorio GePRO. Debe tener como base la imagen institucional.
- Perfil de usuario final: Profesores que visitan la Escola Politécnica.

6.1 REQUERIMIENTOS DE DISEÑO

6.1.1 Aspectos Humanos

- Las piezas no superarán un espesor de 7,9 cm.
- Cada pieza tendrá un peso máximo de 5 kg.
- Las piezas no tendrán aristas filosas.
- La superficie de las piezas será lisa.
- El volumen máximo de cada pieza no deberá exceder los 150 cm³.
- Los agujeros en los que el usuario deba introducir sus dedos deberán tener una distancia mínima de 3x3 cm para permitir la introducción de los dedos pulgar e índice en posición de pinza.

6.1.2 Aspectos técnicos

- La familia de objetos será diseñada con la proyección del uso del material polimérico obtenido de carcasas recicladas de computadores e impresoras, de acuerdo a los procesos productivos existentes en el Laboratorio GePro.
- Se usarán pegamentos y colas poliméricas para la unión de piezas si es necesario.

- Se hará una propuesta de empaque para los productos que queda sujeta a la evaluación y aprobación del departamento de comunicaciones de la UFRJ.
- Dirigido a profesores extranjeros y/o brasileros pertenecientes al área de ingenierías que visitan la Escola Politécnica.
- Las piezas tendrán la identificación del material de acuerdo al código internacional de polímeros.
- Las piezas saldrán del laboratorio de fabricación en cajas y serán transportada al área de comunicación para su respectivo empaque y embalaje. Una vez empacados los productos serán almacenados en cajas y dispuestos en una bodega de la Universidad.
- Se utilizarán moldes para su fabricación.
- La producción será hecha por el personal del laboratorio LAPTEC IMA.
- Las piezas serán fabricadas en un único material.

6.1.3 Aspectos Formal–Estéticos

- Se usarán principalmente formas geométricas acordes al logo de la Escola Politécnica.
- Las características de forma estarán dadas por la utilización de formas simples; donde la repetición, gradación de tamaño y forma, radiación y superposición den volumen a la superficie.
- Se usarán los colores institucionales de la Escuela Politécnica que son el azul, amarillo y negro, y aquellos que el departamento de comunicaciones autoriza para el uso del logo: blanco y gris.
- Confort. Debe ser suave y liso al tacto.
- La superficie debe presentar formas suaves, así como bordes o cambios de planos a través de curvas.
- El logo debe hacerse mediante un trabajo de textura visual en bajo y/o alto relieve que permita la diferenciación.
- La coherencia formal se dará a través de la simetría, repetición de forma, intersecciones, uniones de tal forma que no existan cambios en bruscos en la forma.

6.1.4 Aspectos Expresivos – Formales

- La familia de objetos deberá manifestar a través de su composición el carácter institucional de la Escola Politécnica que se caracteriza por su seriedad y sobriedad.
- El producto en lo posible expresará su carácter “green” mediante formas orgánicas que creen una recordación en el usuario sobre la naturaleza o el medio ambiente.
- Los aspectos estructurales no deberán dar una apariencia de mucha rigidez o pesadez a través de formas orgánicas en el contorno y una sensación de ligero mediante el manejo de sustracciones de forma.
- Se debe percibir como un producto nuevo, resistente, ecológico, ligero y estilizado.
- La familia de objetos tendrá posibilidades multifuncionales.

7. DISEÑO DEL PRODUCTO

7.1 CONCEPTO DE DISEÑO

La familia de objetos a diseñar es de carácter institucional para la Universidad Federal de Rio de Janeiro, razón por la cual se toma como concepto el logo de la Escola Politécnica que constituye el conjunto de Ingenierías de la UFRJ, comprometida con el desarrollo científico, tecnológico y cultural brasileiro. Teniendo en cuenta estas premisas y utilizando como recurso los conceptos de diseño de Wucius Wong para la composición, se pretende diseñar una familia de objetos corporativos de escritorio que sea de fácil comprensión en cuanto a la imagen institucional, y en la medida que sea posible, que tenga impregnado el carácter “green” o ecológico, ya que son muestras fieles de la actividad que se realiza al interior del alma máter.

7.2 PERFIL DEL USUARIO

Este producto está dirigido a profesores que visitan la Escola Politécnica con el fin de conocer los diferentes laboratorios de la misma, con el fin de conocer su actividad y la posibilidad de trabajar conjuntamente.

- Sexo: Hombres y mujeres
- Edad: 25-70 años
- Nacionalidad: Brasileños y extranjeros.
- Especialidad: Profesores del área de ingeniería.
- Características adicionales: Personas con escritorio donde se realizan actividades de investigación y trabajo de oficina. Como punto a observar, este tipo de personas tienden a ingerir bebidas en alguna hora del día mientras realizan su trabajo.

7.3 PLANTEAMIENTO DE LAS ALTERNATIVAS

El proceso de diseño y creación de las alternativas está basado en la geometrización, tomando como referencia el logo de la Escola Politécnica, combinando los diferentes componentes del mismo y creando formas para la construcción de los objetos.

A través de bosquejos se expone el proceso que se lleva a cabo para la generación de diseño.



Figura 34. Logo Escuela Politécnica UFRJ
Fuente: Escola Politécnica

El logo presenta un engranaje en cuyo centro se encuentra un mundo. El globo terrestre representa universalidad y el engranaje simboliza el desarrollo de la tecnología, el avance científico y del conocimiento, la ciencia al servicio del hombre, del desarrollo y el aporte desde la academia en un mundo que cada día presenta nuevos retos¹⁰. Pese a esto se realizó una recopilación de la historia del logo basado en la información proporcionada por el profesor Heloi José Fernandes Moreira, ex-director de la Escola Politécnica como se muestra en el anexo III del presente documento.

7.4 ALTERNATIVAS DE DISEÑO

Con base en la lluvia de ideas, se hizo una preselección utilizando el método DATUM y realizando una evolución a cada una de las alternativas ilustradas en el Anexo V.

Como se habló anteriormente, las figuras base para el desarrollo de las alternativas son los elementos constituyentes y abstraídos del logo de la Escola Politécnica. Con base en estos, el criterio de preselección estuvo fuertemente influenciado por la facilidad de la lectura del logo en las propuestas, así como la utilidad que podían tener en una mesa de escritorio, de tal forma que los recursos y materia invertida garantizaran la estadía del producto sin sufrir daños que hicieran al producto volver a la cadena de reciclaje. También se empezó a tener algunas ideas sobre la posibilidad de ser construido y el cómo.

Como elementos formal-estéticos, se utilizan conceptos básicos de diseño tales como repetición de forma, radiación, sustracción de forma, textura visual, entre otros.

¹⁰ Interpretación del autor.

Perpetual

Perpetual es una familia de objetos compuesta por un calendario diseñado especialmente para 10 años, un porta-tarjetas y un porta-lapiceros. Se basa en las formas redondas del logo de la Escola Politècnica y juega con diferentes conceptos de diseño como la radiación, gradación de forma y tamaño, entre otros. Su función, garantiza que este producto sea útil muy mucho tiempo.



Figura 35. Alternativa de diseño 1

clip

Porta-tarjetas, Porta-notas y Clips son objetos que siempre serán útiles en una mesa de escritorio. La familia de objetos "Clipi" esta diseñado a partir de la abstracción del mundo del logo de la Escola Politècnica, y cuenta con la sustracción del engranaje, junto al bajo relieve del mundo.

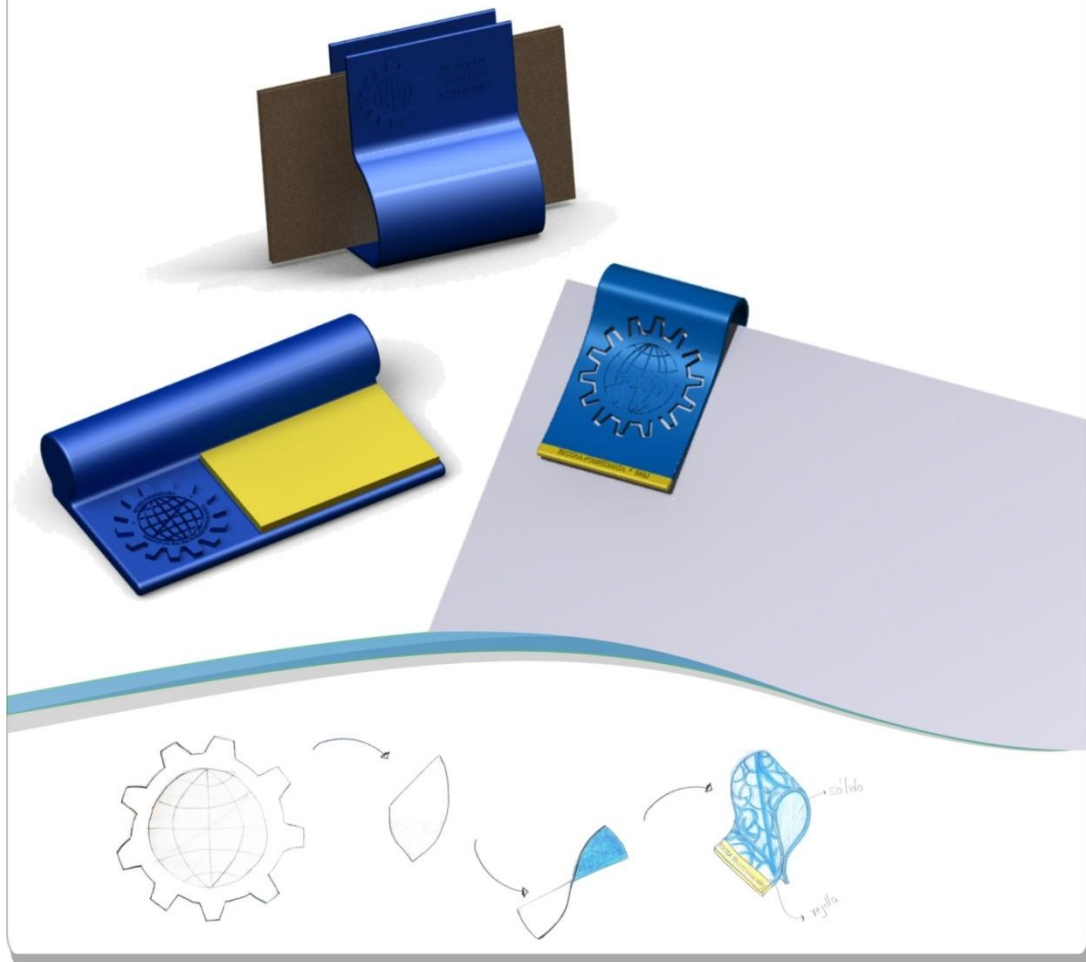


Figura 36. Alternativa de diseño 2

Dama

Esta propuesta basada en la idea circular del mundo, muestra la sustracción del logo de la politécnica a partir de una esfera. La composición así mismo, tiene un corte asimétrico que permite apreciar el nombre de la Escola Politécnica y de la Universidade Federal do Rio de Janeiro. El hecho de ser una materia o vaso para plantas, es un toque de naturaleza en cada escritorio o mesa y conforma una familia de objetos junto al Porta-clips y el Porta-tarjetas.

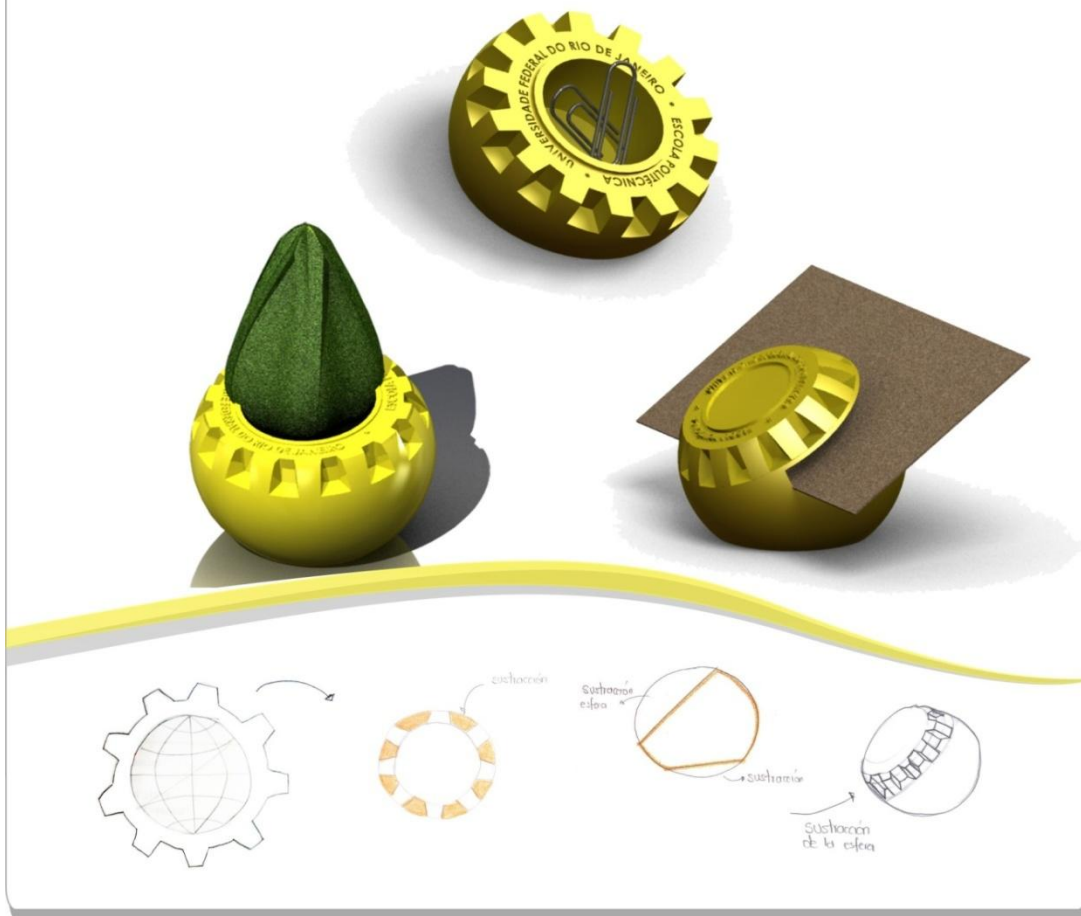


Figura 37. Alternativa de diseño 3



Las formas interiores del mundo del escudo, conforman la pieza principal de esta alternativa, mediante la intersección de dos de sus curvas y su extrusión, se da forma a la base para la planta. De igual forma una sección del engranaje es extruido y con sustracciones se consiguen unas pequeñas cajas ideales para lapiceros y portaminas, así como el Porta-tarjetas.

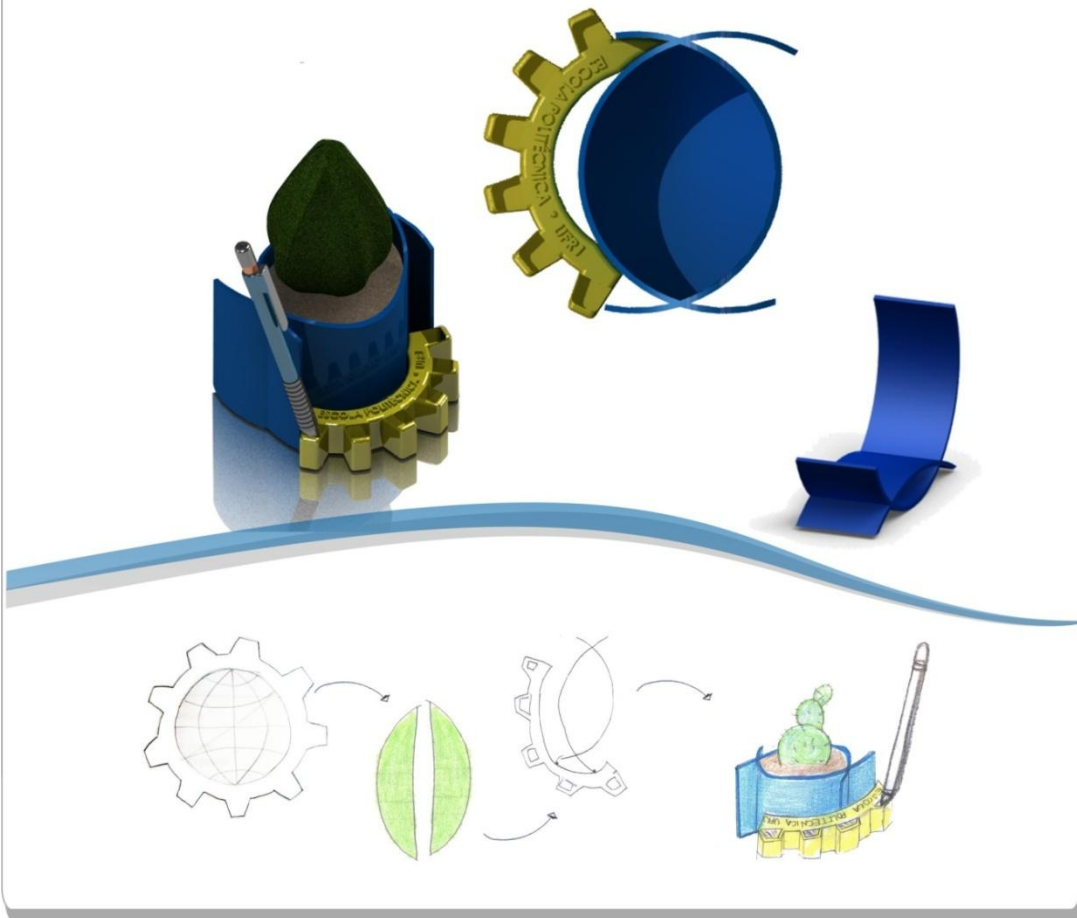


Figura 38. Alternativa de diseño 4

Poligonal

Los conceptos principales de simetría, reflexión y modularidad de esta alternativa permiten apreciar una forma geométrica, en cuya extrusión se hizo un corte asimétrico que le confiere frescura a la propuesta. Estos elementos, sumados a una planta son el toque especial en cualquier ambiente de trabajo. En sus paredes tienen grabado el logo de la Escola Politécnica.



Figura 39. Alternativa de diseño 5

Porta Poli

Porta Poli es un portavasos basado en la geometría central del logo de la Politécnica. En esta propuesta se parte de la evolución del mundo que se encuentra al interior del logo, tomando como base un módulo que es geometrizado y evolucionado a forma de hoja. Como complemento, se utiliza el engranaje, simbolizando el desarrollo de la ciencia en pro de las tendencias "green" y el compromiso medio ambiental del alma máter.



Figura 40. Alternativa de diseño 6

7.5 SELECCIÓN DE LA ALTERNATIVA

La evaluación de las alternativas y selección del diseño final se realiza por medio de la implementación de herramientas de evaluación en las cuales se tiene en cuenta principalmente el proceso de producción, ya que este proyecto tiene como base el Ecodiseño, y por ende, el diseño por manufactura, ya que es de suma importancia en todo el desarrollo del proyecto, los procesos de conformado de plásticos.

Para este fin, se implementan dos tipos de herramientas; la matriz QFD (Quality Function Deployment) que permite identificar en cada alternativa los aspectos claves a tener en cuenta para mejorar y las debilidades que presenta, mediante la relación entre las preferencias del cliente, que en este caso es la Escola Politécnica y los cómo, que son los requerimientos de diseño para hacer la propuesta realidad, y el Método DATUM que será explicado más adelante.

De esta forma, se definieron los elementos a evaluar, designando la columna de los QUÉ para los requerimientos del cliente que en este caso son los lineamientos dados por la Escola Politécnica, y la fila de los CÓMO para los requerimientos de diseño. El objetivo principal es llegar a una familia de objetos que refleje la imagen institucional de la Escola Politécnica de la Universidad Federal de Rio de Janeiro y su compromiso con los temas medioambientales y sociales, utilizando como materia prima para la fabricación de los mismos carcasas de computadores e impresoras recicladas en el mismo centro Universitario.

Por esta razón, el aspecto formal estético es vital para reflejar correctamente la imagen que la Universidad quiere, siendo un factor tomado en cuenta para evaluar las alternativas. La combinación de materiales y diseño debe ser percibida como estéticamente agradable para la persona que recibe el brinde, mediante la confrontación de los “Qué y los Cómo” para llevar a cabo la realización de la propuesta.

1. Viabilidad de construcción.

Se refiere a la posibilidad de llevar a cabo la construcción de la propuesta, teniendo en cuenta el número y tipo de procesos a necesitar.

2. Lectura del producto

La funcionalidad es un factor clave y mediante la lectura del producto el usuario identificará su uso y las capacidades del mismo.

3. Representación institucional

Hace referencia a la corporatividad del producto y cómo este representa la imagen institucional de la universidad, ya sea en su configuración o en el uso de los elementos institucionales, reflejando la seriedad de la misma. En este ítem se contemplan aspectos como seriedad, elegancia, sobriedad y colores institucionales.

4. Calidad de los acabados

La calidad de los acabados es muy importante, ya que demuestra la potencia de los materiales de mercados secundarios.

5. Seguridad al usuario

Aunque sean productos de escritorio, pequeño, que no significa un potencial de peligro para el usuario final, las alternativas a evolucionar deben garantizar que sean objetos no aptos para ser usados como contenedores de comida o líquidos, ya que son hechos de un material reciclado que no está en condiciones de ser usado para ese propósito.

6. Apreciación estética

Aunque no es un producto para la venta, es un factor muy importante a tener en cuenta, ya en todo diseño prima la apreciación del usuario final.

7. Reciclaje

Es importante tener en cuenta este factor en el Ecodesign, ya que es una de las directrices por las cuales se desarrolla el proyecto y se refiere a la posibilidad del producto de ser reciclado una vez es desechado.

8. Utilidad del producto

Debido a que el material de fabricación es reciclado, es importante que la nueva configuración ofrezca un uso que le de un valor agregado al producto.

9. Tiempo de vida

Es importante garantizar que este nuevo producto hecho con material reciclado perdure por un tiempo significativo antes de volver como desecho.

El cómo será contemplado mediante los elementos claves para su construcción.

10. Estabilidad

Hace referencia a la estabilidad de las propuestas y debe asegurarse desde el proceso de fabricación hasta la puesta en uso del usuario final.

11. Dimensiones

Las dimensiones del producto son un factor muy importante a tener en cuenta, ya que así ha sido establecido por la Universidad. Tales dimensiones máximas son 25x25x20 cm.

12. Resistencia

Debe tenerse en cuenta que el PVC y el ABS son plásticos y poseen características rígidas que regirán propiedades del producto.

13. Posibilidad de fabricación con PVC reciclado

El material de fabricación de la propuesta es PVC o ABS reciclados, obtenidos de las carcasas recolectadas al interior del claustro educativo, factor que influye altamente en el diseño desde todo punto de vista.

14. Cantidad de procesos

Influye directamente en la viabilidad del proyecto, ya que está directamente relacionada con los costos para su fabricación, razón por la cual se tendrá como objetivo utilizar el mínimo de procesos necesarios, así como el más óptimo para cada una de las propuestas.

15. Cantidad de elementos

El número de piezas que conforma el producto para su uso y configuración.

16. Dificultad de construcción / Tecnología

Se refiere a la dificultad que demanda cada alternativa para su construcción teniendo en cuenta la tecnología a emplearse y el costo estimativo que esto tendría.

NOTA: Debido a que el producto es de carácter Institucional para la Universidad Federal de Rio de Janeiro, se consultó al rector de la Universidad, algunos docentes y estudiantes del claustro universitario sobre la lectura del producto e identificación con el logo símbolo de la Escuela Politécnica.

7.5.1 Evaluación de alternativas por el Método de Pugh (DATUM)



Lectura del producto	5	5	2	5	4	4
Calidad de los acabados	5	5	5	5	5	5
Representación Institucional	5	4	5	3	3	5
Seguridad al usuario	4	4	4	5	5	5
Apreciación estética	5	5	4	3	5	5
Utilidad del producto	4	4	5	4	5	5
Tiempo de vida	3	5	5	5	5	5
Reciclaje del producto	3	3	3	3	3	3
Estabilidad	4	5	5	5	4	5
Dimensiones y proporciones	5	4	4	4	4	5
Resistencia del objeto	3	5	4	5	5	5
Comportamiento del material en relación al uso	4	5	5	5	5	5
Caracter/apariencia ecológica	1	3	3	2	2	4
Formas geométricas basadas en logo	5	5	5	1	4	5
Valoración total	56	62	59	55	59	66

Figura 41. Resultados Método Pugh

De la evaluación y análisis realizados mediante esta técnica muestran una inclinación hacia la propuesta número 6, coincidiendo con el criterio del profesor Naveiro y el Director de la Escola Politécnica. De acuerdo con esto, se procede a evolucionar y ajustar los detalles de la propuesta.

7.5.2 QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT) aplicado a las propuestas derivadas de la lluvia de ideas.

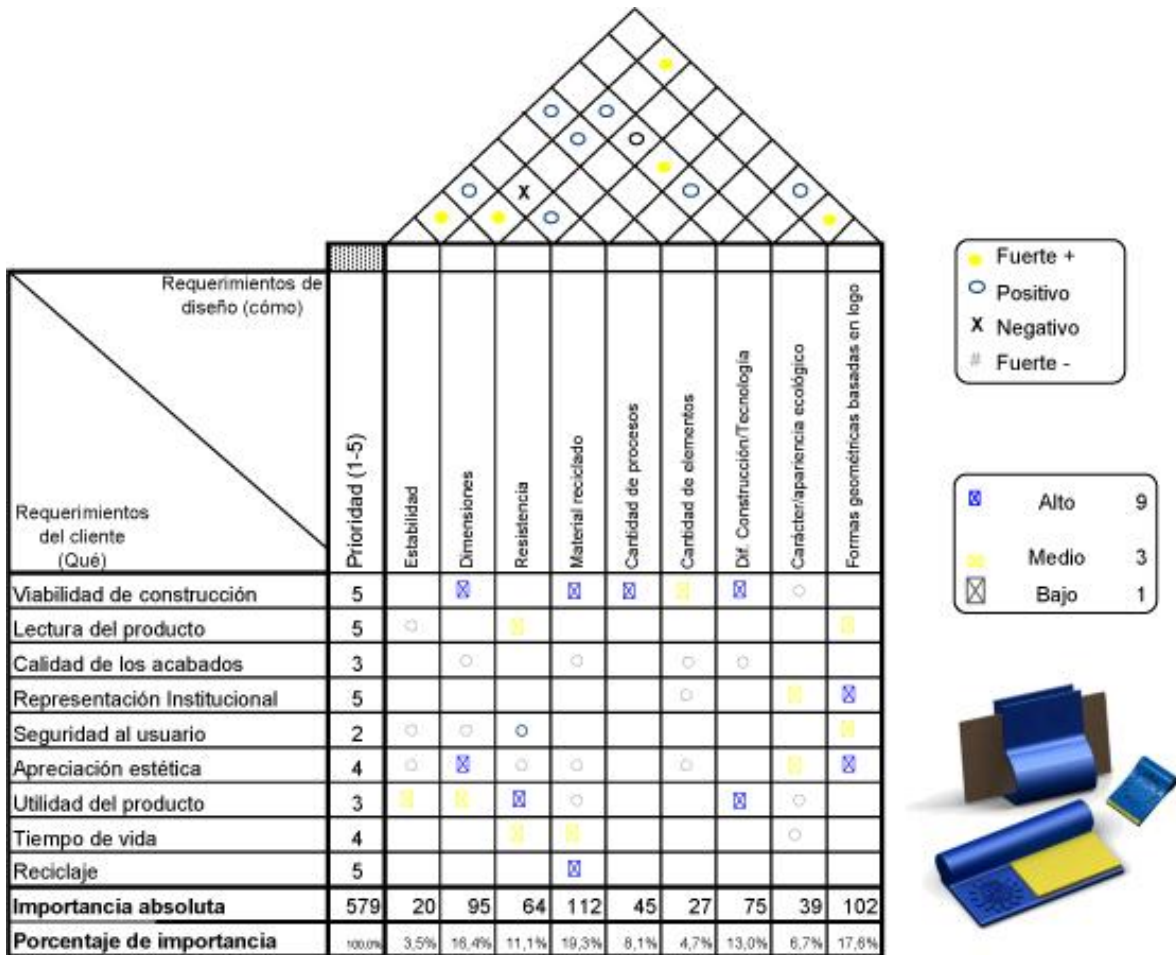


Figura 42. QFD alternativa 1

Esta alternativa presenta una dificultad alta para su fabricación por inyección, ya que los moldes de fabricación son complicados, lo cual aumenta el costo de fabricación significativamente. Otro aspecto importante que se tuvo en cuenta en la evaluación de la alternativa fue el tiempo de vida, ya que en caso de fractura pierde toda posibilidad de uso, convirtiéndose en basura nuevamente.

7.5.3 QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT) aplicado a las propuestas derivadas de la lluvia de ideas.

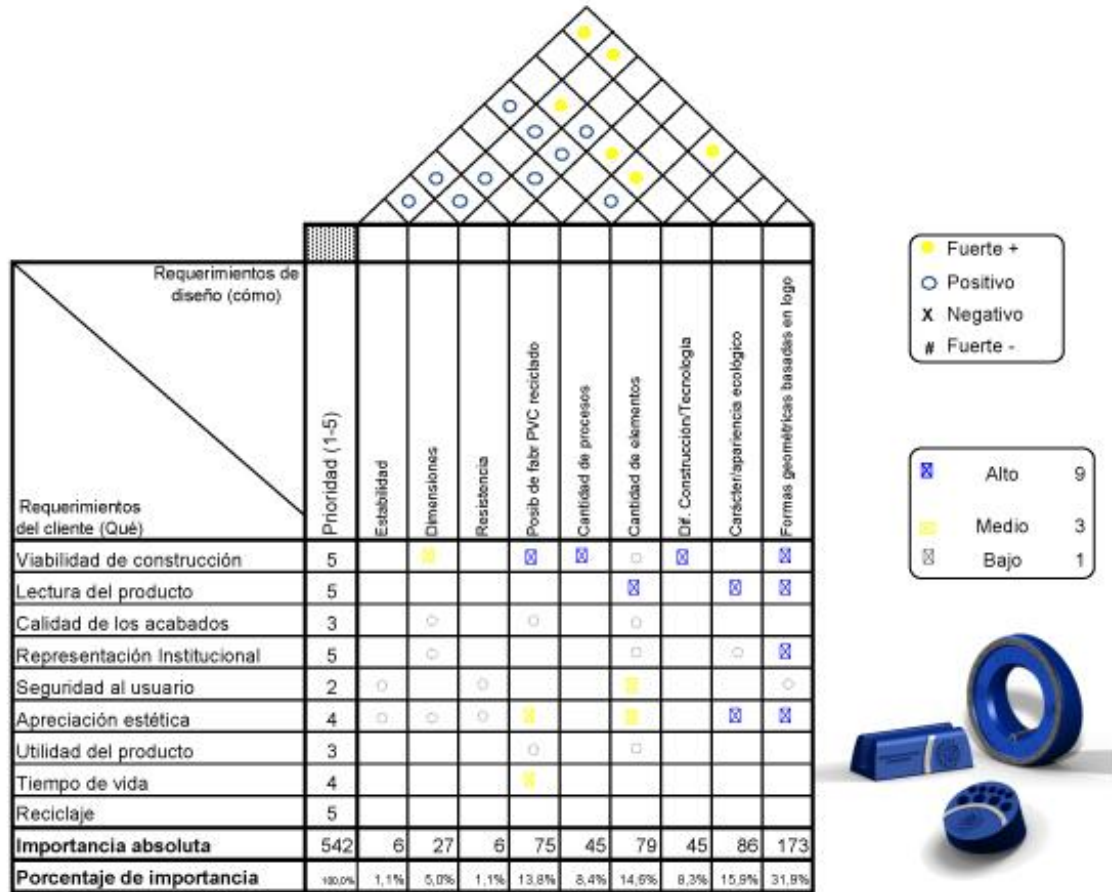


Figura 43. QFD alternativa 2

En esta alternativa se tuvo en cuenta como prioridad la funcionalidad, ya que era un calendario para 10 años, lo cual garantiza que el producto será útil por una buena cantidad de tiempo más, al igual que los demás elementos de la familia de objetos como son un porta-tarjetas y un porta-lapiceros. El proceso de fabricación de esta alternativa es aún más sencillo, constando de un molde de dos placas simple con mayo para el orificio central para el calendario, y moldes sencillos para los demás objetos.

7.5.4 QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT) aplicado a las propuestas derivadas de la lluvia de ideas.

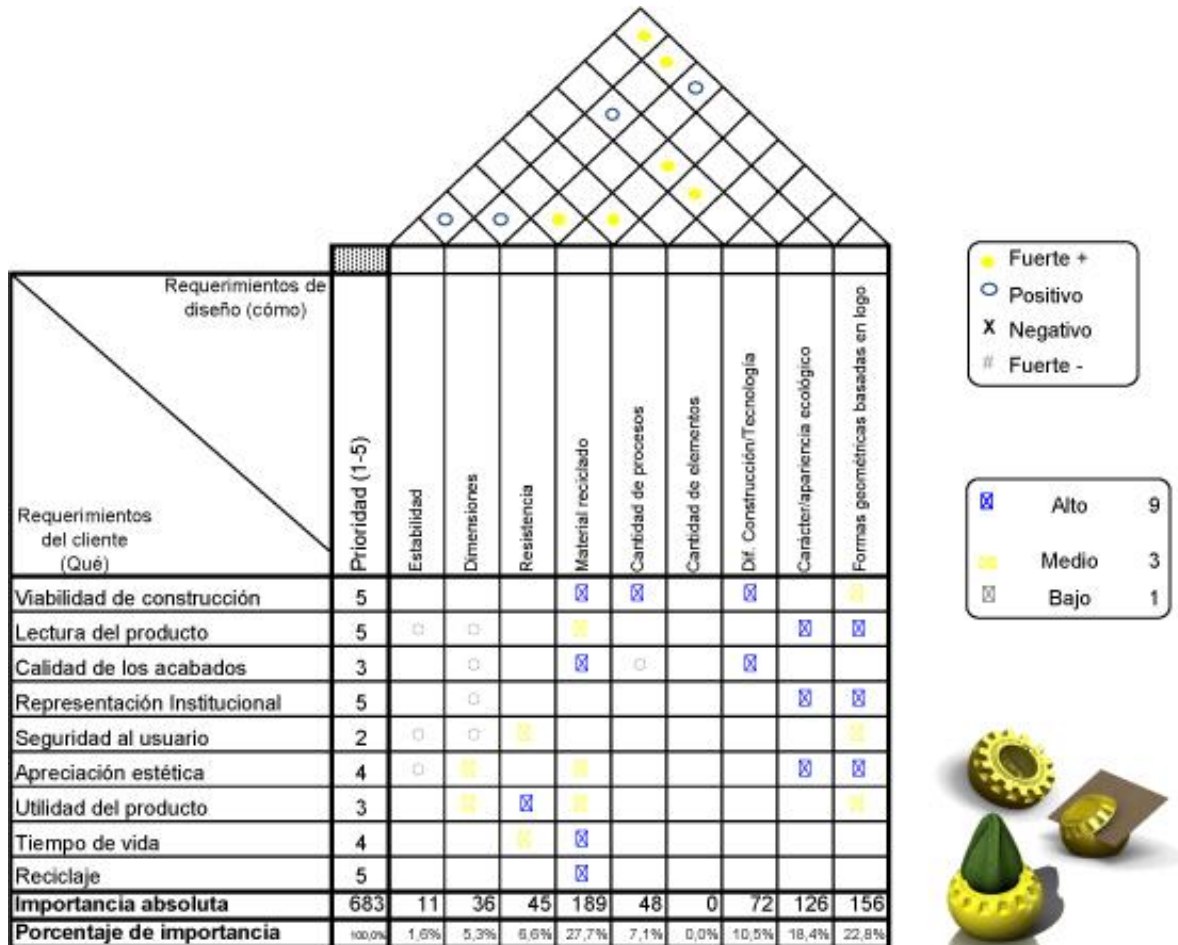


Figura 44. QFD Alternativa 3

Esta propuesta es una de las de mayor puntaje, aunque para su construcción se necesitaría evolucionar la parte interior de la esfera convirtiendo su interior en un cilindro en la materia, con el fin de darle viabilidad a la propuesta; esto ocasiona mayor uso de material polimérico y unas paredes muy gruesas. En cuanto a los demás objetos, su construcción constaría de moldes de placas simples.

7.5.5 QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT) aplicado a las propuestas derivadas de la lluvia de ideas.

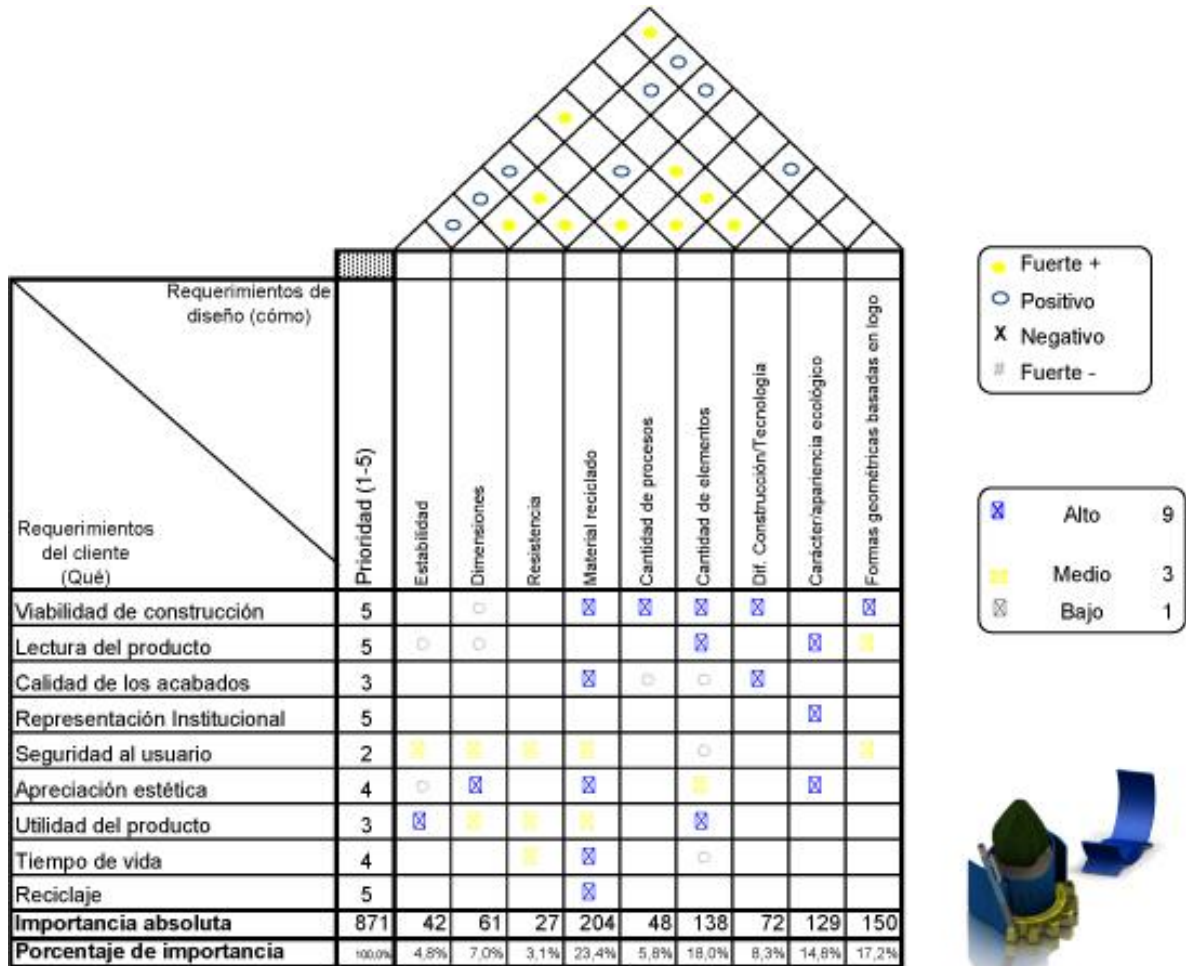


Figura 45. QFD Alternativa 4

En el proceso de fabricación de esta materia, han de emplearse dos moldes diferentes. El molde de la pieza principal que es la materia, constaría de un macho para el interior de la misma. La segunda pieza que es utilizada como porta-lapiceros es una pieza sencilla, en la cual para su fabricación también necesita un macho. Para la construcción de los moldes del porta-tarjetas, se proyecta un molde de dos placas sencillo.

7.5.6 QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT) aplicado a las propuestas derivadas de la lluvia de ideas.

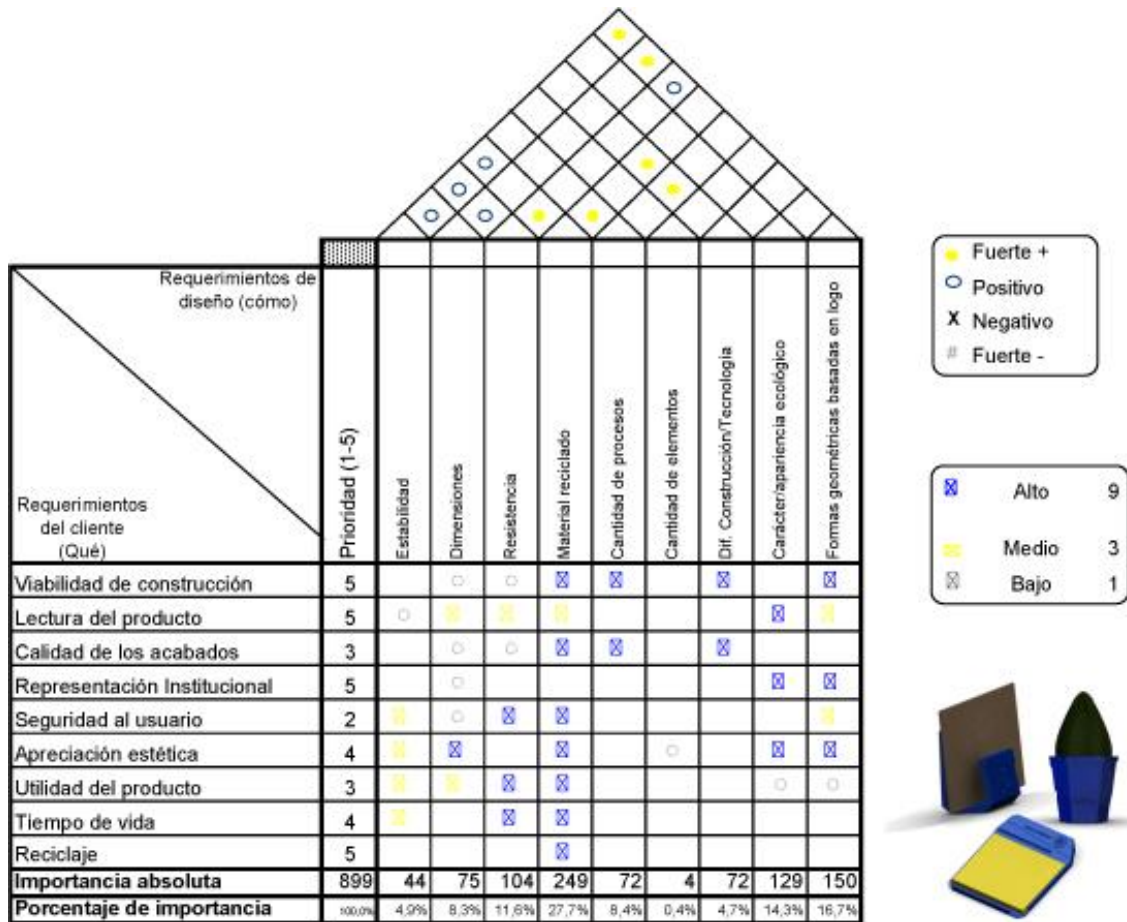


Figura 46. QFD Alternativa 5

Para la fabricación de esta maceta se necesita un molde sencillo con macho. No tiene problemas de manufactura ni complicaciones gracias a su geometría abierta y que no posee hendiduras, huecos o detalles de mayor cuidado, así como para la fabricación de los demás productos componentes de la familia de objetos.

7.5.7 QFD (QUALITY FUNCTION DEPLOYMENT) aplicado a las propuestas derivadas de la lluvia de ideas.

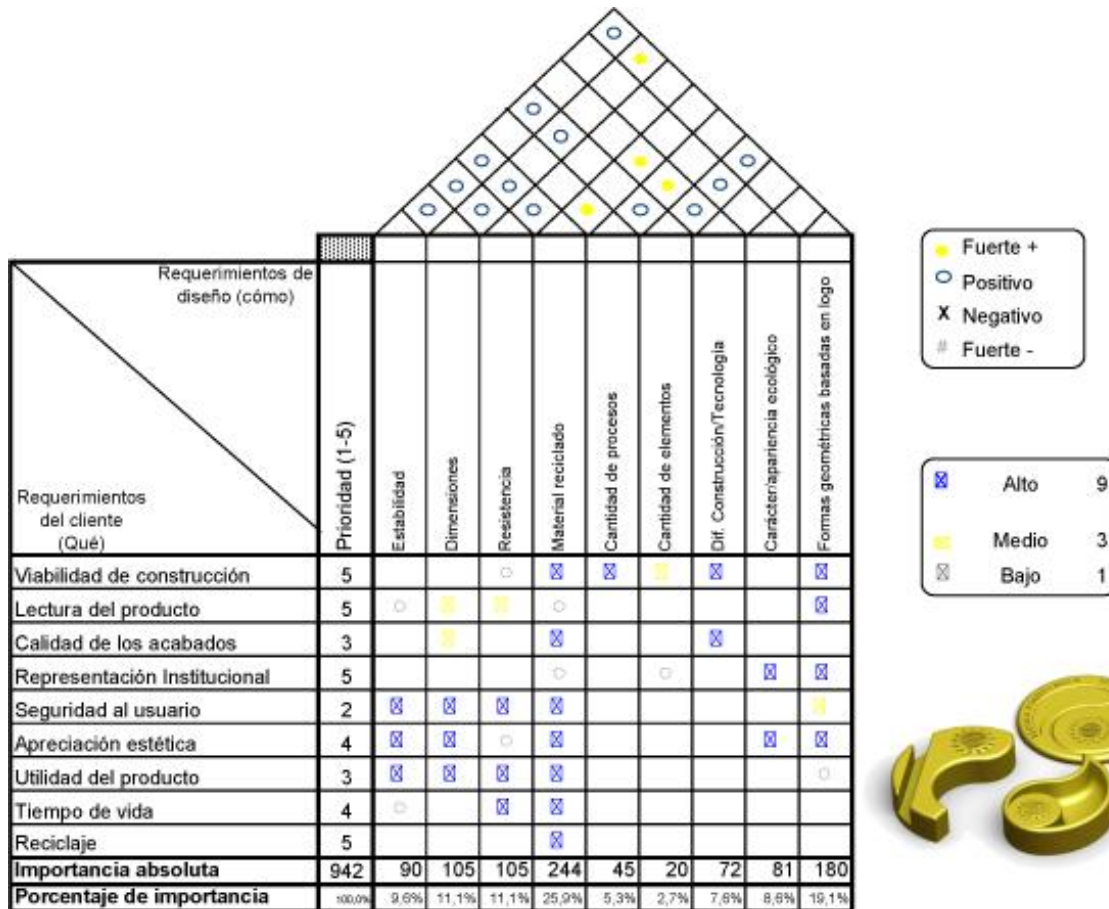


Figura 47. QFD Alternativa 6

Esta alternativa de portavasos para su fabricación necesita la elaboración de dos moldes, o en su defecto, una estructura que posea dos canales de inyección para la diferenciación polimérica en caso de utilizarse dos colores para su fabricación. De ser construido en un solo color, cada uno de los productos es proyectado en moldes de dos placas simple.

En este punto las alternativas han sido evaluadas mediante el QFD para dar un análisis objetivo y cuantificado sobre los factores que importan en el diseño del producto, pero

teniendo en cuenta la voz del cliente. El resultado son puntos concretos de debilidades y fortalezas de cada una de las alternativas.

También fue muy importante la voz del cliente y de diferentes estudiantes a los cuales se les preguntó sobre la identificación de la imagen institucional, teniendo como base para el diseño la premisa de su geometría, ya que no se quería obtener un objeto promocional típico en el cual solo se estampa o graba la imagen de la institución, y así como muestran las gráficas mediante los valores de importancia absoluta se muestra qué aspectos mejorar para atender mejor los requerimientos del cliente.

Por otro lado, se realizó la evaluación de las alternativas utilizando el Método DATUM(García Melón, et al.), éste se conoce también como el método de convergencia controlada. Fue desarrollado por Pugh en 1981. Utiliza una matriz en cuyo eje vertical se expresan los criterios de selección, y en el horizontal las diversas alternativas. Por medio de una ponderación cuantitativa se evalúan cada uno de los criterios con respecto a cada una de las alternativas obteniendo un resultado de comparación.

Este método presenta una gran ventaja frente a otros métodos de selección por matrices, Es un proceso sistemático de selección de la mejor alternativa de diseño que utiliza de manera conjunta todos los posibles criterios de evaluación implicados.

El procedimiento se lleva a cabo, teniendo en cuenta los requisitos de diseño y una escala de 1 a 5, en la Cual el 5 es el puntaje más alto y significa muy bueno y 1 el menor, siendo muy poco.

También se hizo la indagación al docente orientador Ricardo Naveiro y el rector de la Escola Politécnica en un esfuerzo por conocer su opinión frente a las alternativas, que en definitiva constituyen las opiniones más importantes y quienes tienen el poder final de decisión sobre el brinde que mejor exprese el carácter institucional de acuerdo a los criterios de base para esta propuesta expuestos anteriormente. También indagando a estudiantes de la Universidad aleatorios, ya que ellos también son portavoz de la imagen institucional.

8. EVOLUCIÓN DE LA ALTERNATIVA

A continuación se expone el diseño en detalle del producto.

El primer paso tomado fue ajustar las medidas de los objetos en cuanto a ángulos de salida para el diseño de los moldes de inyección. Se tomó para esto 1° y se tuvo en cuenta la contracción del material de 0,9% ya que es un término medio de contracción del material, tal y como se expuso anteriormente.

Otro elemento a tener en cuenta son las cavidades en la superficie superior, de tal forma que al poner vasos o pocillos sobre ella, no exista el riesgo de perder el equilibrio y producir el volcamiento del recipiente, así como el equilibrio y la estabilidad de las tarjetas en el porta-tarjetas y la capacidad volumétrica del porta-clips.

Desde esta perspectiva, los detalles de la alternativa en cuanto a la producción y su uso se discriminan en esta etapa, así como el mantenimiento del mismo, mediante las superficies empleadas en las cuales se tiene fácil acceso con una esponja, cepillo u otro material de limpieza.

Las letras y demás detalles se encuentran en bajo relieve en el portavasos, y en el porta-tarjetas y porta-clips existen elementos en alto relieve, así como la especificación del tipo de material al reverso de cada producto.

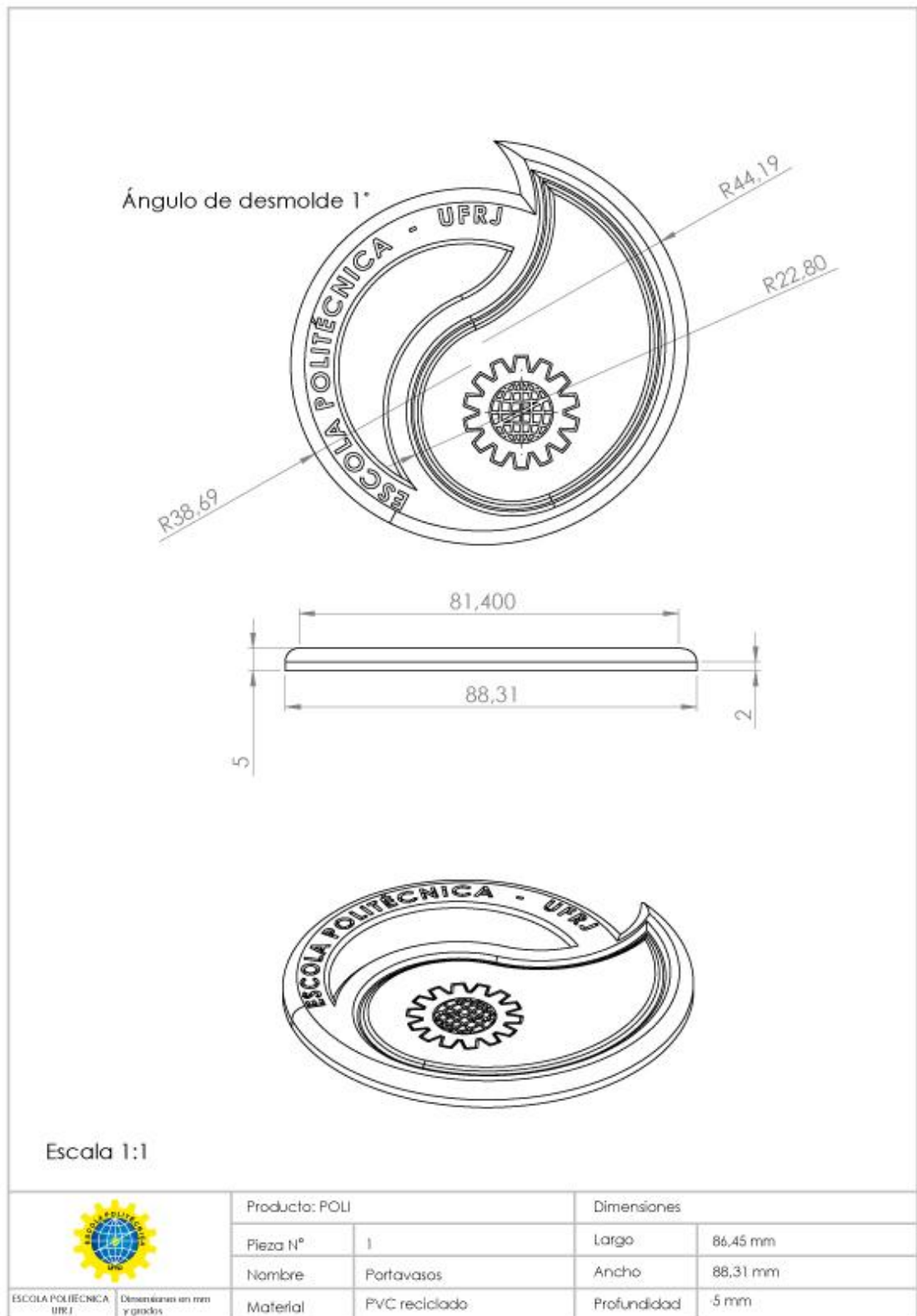


Figura 48. Plano de Portavasos

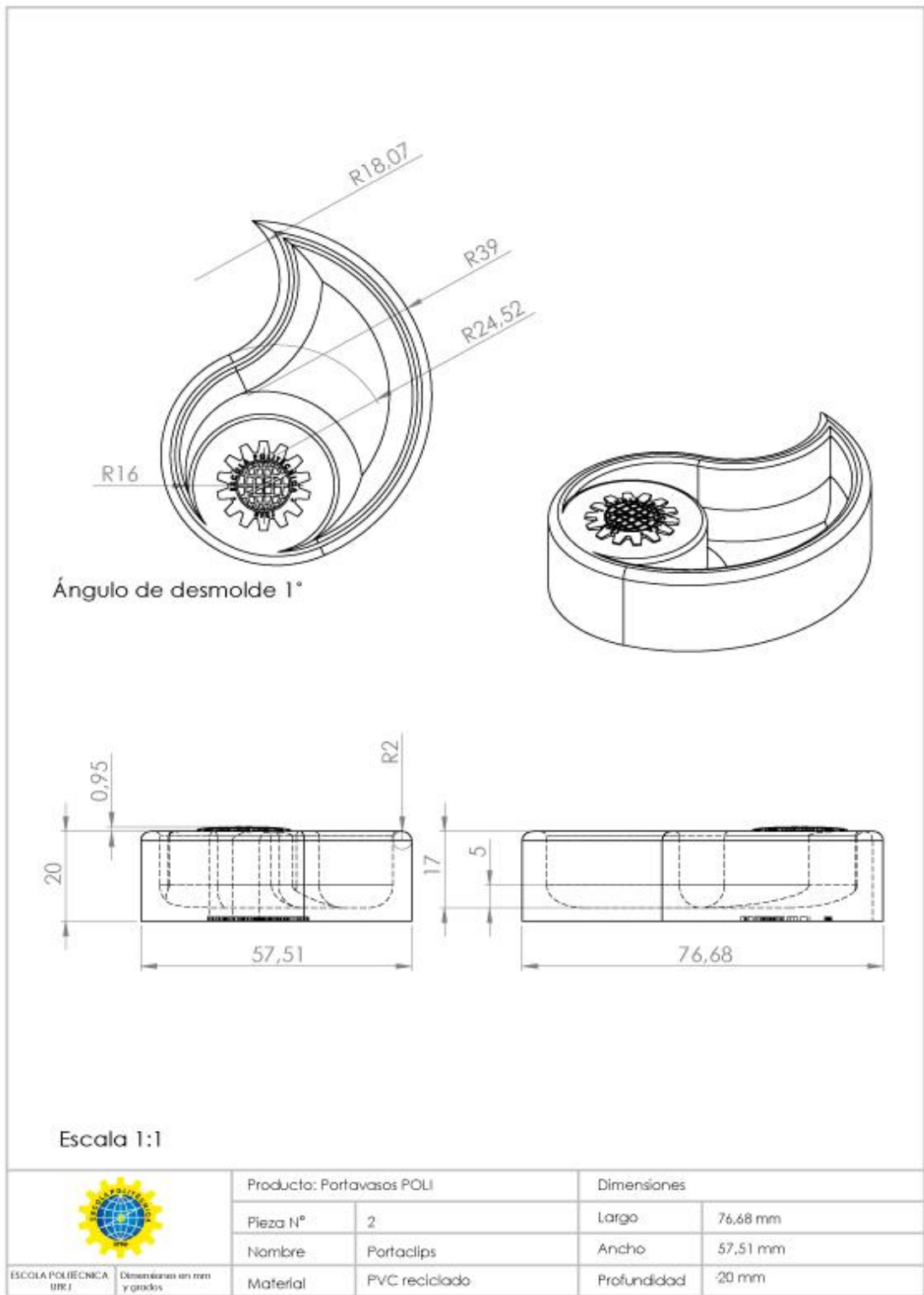


Figura 49. Plano de Portaclips

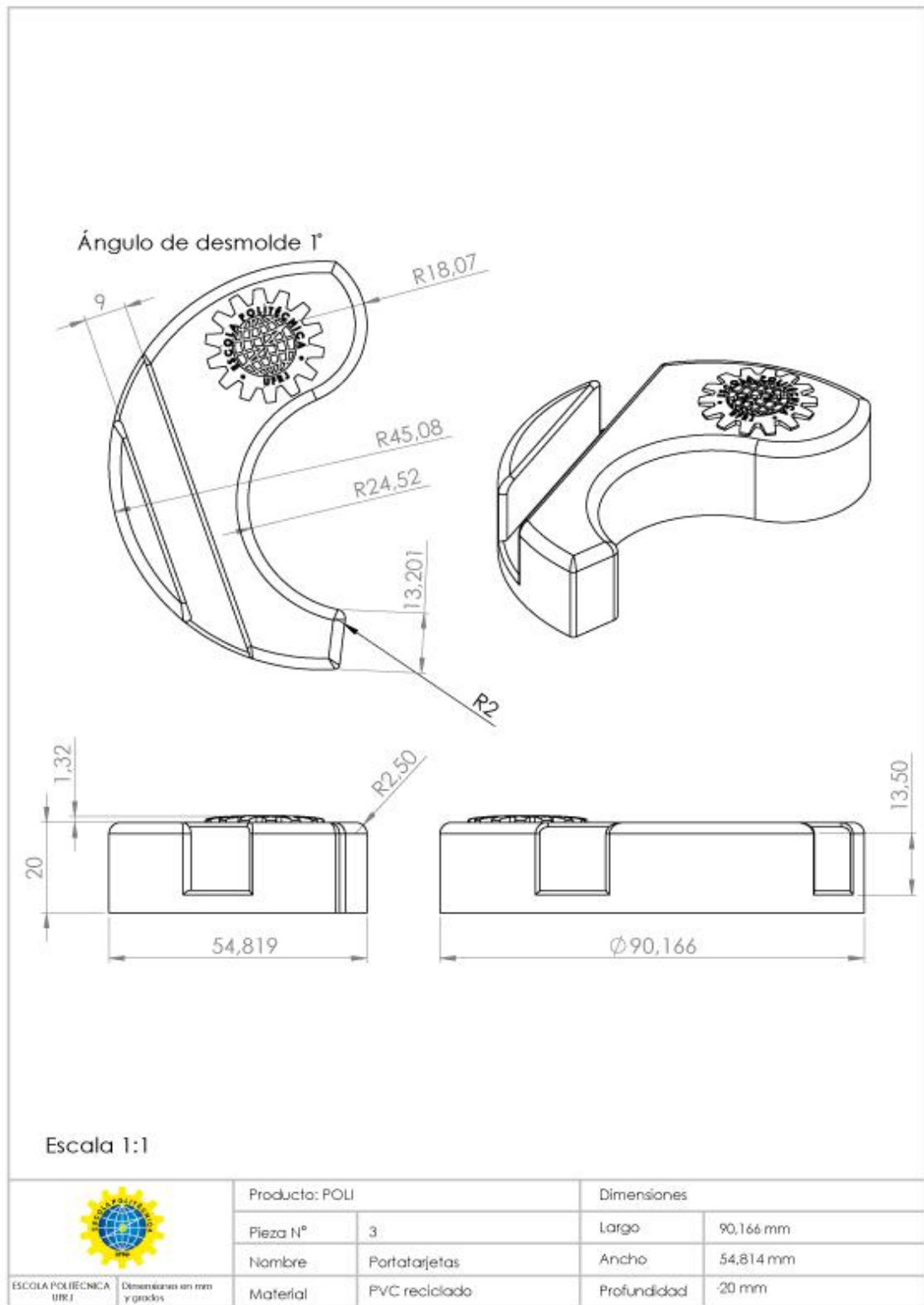


Figura 50. Plano de Porta-tarjetas

9. ECODISEÑO

Este proyecto implica la reutilización de un material y su transformación en nuevo producto. Debido a esto, se hace necesario aplicar conceptos de Producción Más Limpia con el fin de tener en cuenta los aspectos medio ambientales que implican la recuperación del material y el desarrollo de un nuevo concepto. Lo ideal, es que en el desarrollo del producto, desde su concepción, se busque hacer un uso eficiente de los recursos.

9.1 SISTEMA DEL PRODUCTO

En esta posición se acotan los límites del sistema del producto. Como en este producto en especial no existen entradas de recursos como tal, se tienen en cuenta las entradas físicas externas que interactúan con el mismo, y las salidas que tendrían, incluyendo aquellos elementos externos que pueden afectar el diseño.



Figura 51. Sistema del producto
Fuente: El autor

9.2 ASPECTOS AMBIENTALES

Dentro de las implicaciones que tiene la fabricación de productos en el medio ambiente, se hace necesario identificar los impactos ambientales que la fabricación del portavasos pudiese tener para tratar de optimizarlos.

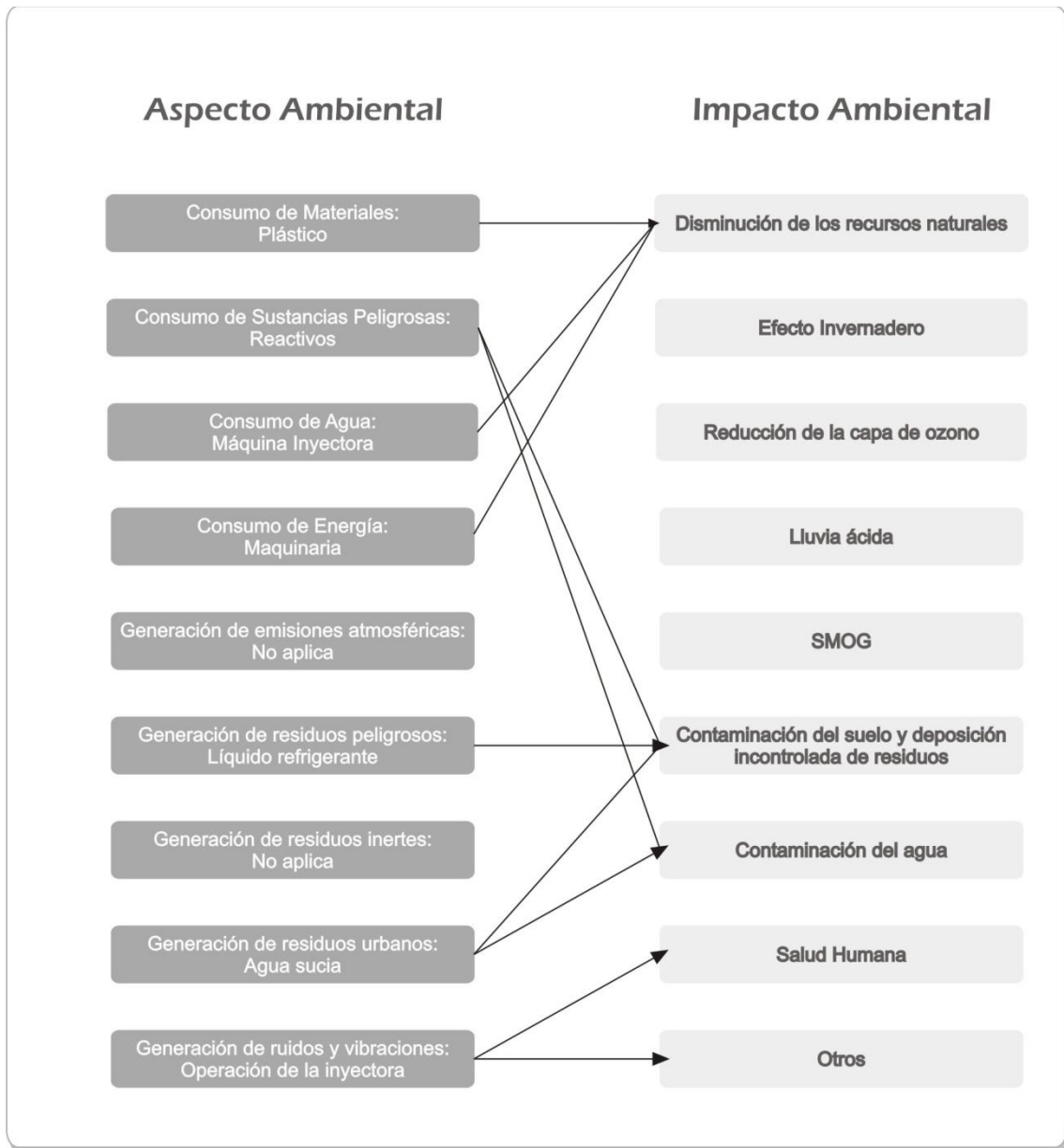






Figura 52. Aspectos Ambientales
Fuente: El Autor

9.3 MATRIZ MET

Se utiliza la matriz MET para obtener una visión global de las entradas y salidas en cada etapa del Ciclo de Vida del portavasos. También es importante para observar qué aspectos ambientales se deben priorizar.

	Uso de MATERIALES M	Uso de ENERGÍA E	Emisiones TOXICAS T
 Obtención y consumo de componentes	<ul style="list-style-type: none"> - Carcasas 1200 gr - Pigmentos (↓) - Agua para la extrusora 910mL/min (↓) 	<ul style="list-style-type: none"> - Energía que utilizan el molino, la extrusora 	<ul style="list-style-type: none"> - Emisiones durante el proceso de extrusión y pelletización en ambiente controlado. (↓)
 Producción	<ul style="list-style-type: none"> - Materiales auxiliares (agentes desmoldantes para la máquina inyectora, desengrasantes, lubricantes para maquinaria) (↓) 	<ul style="list-style-type: none"> - Energía en la máquina inyectora 	<ul style="list-style-type: none"> - Residuos plásticos que son reutilizables (↓) - Restos de lubricantes y desengrasantes (↓)
 Uso	<p>OPERACIÓN</p> <ul style="list-style-type: none"> - No requiere materiales adicionales para su funcionamiento <p>MANTENIMIENTO</p> <ul style="list-style-type: none"> - Las piezas se pueden quebrar 	<ul style="list-style-type: none"> - No requiere energía para su funcionamiento 	<ul style="list-style-type: none"> - No genera ningún tipo de emisión tóxica ni residuo.
 Fin de vida			<p>RECICLAJE</p> <ul style="list-style-type: none"> - El residuo es 100% plástico y de un solo material

(↓) Elementos de enfoque para optimizar su uso

Figura 53. Matriz MET
Fuente: el autor

9.4 ANÁLISIS DE SOSTENIBILIDAD EN SOLID WORKS® 2010.

Mediante la herramienta Solid Works® 2010 Sustainability se realiza un estudio del impacto medioambiental para cada una de las piezas, tomando únicamente como referencia en material el PVC.

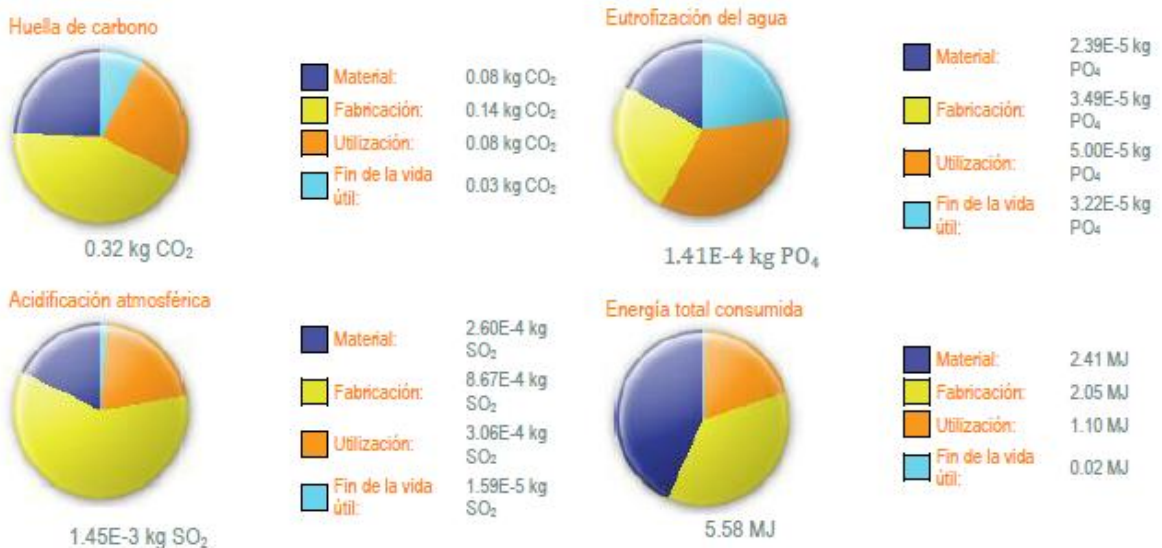
Dentro de esta herramienta se selecciona una región de fabricación del producto, así como una región de utilización del mismo; el primero determina los recursos energéticos y las tecnologías utilizadas en la creación de materiales y las etapas de fabricación del ciclo de vida del producto, y la segunda, se utiliza para determinar los recursos energéticos consumidos durante la fase de utilización del producto, así mismo, junto con la región de fabricación se calculan los impactos medioambientales asociados con el transporte del producto desde su lugar de fabricación al de utilización. Por razones de configuración del software estos datos son calculados en la región de Norteamérica, ya que no se encuentra disponible para Suramérica.

9.4.1 Porta-clips

Material: PVC rígido

Fabricación: Moldeo por Inyección

Región proyectada de fabricación y consumo: Norteamérica



9.4.2 Porta-tarjetas

Material: PVC rígido

Fabricación: Moldeo por Inyección

Región proyectada de fabricación y consumo: Norteamérica

Huella de carbono



0.42 kg CO₂

Material:	0.11 kg CO ₂
Fabricación:	0.16 kg CO ₂
Utilización:	0.11 kg CO ₂
Fin de la vida útil:	0.04 kg CO ₂

Eutrofización del agua



1.92E-4 kg PO₄

Material:	3.38E-5 kg PO ₄
Fabricación:	4.16E-5 kg PO ₄
Utilización:	7.08E-5 kg PO ₄
Fin de la vida útil:	4.55E-5 kg PO ₄

Acidificación atmosférica



1.86E-3 kg SO₂

Material:	3.67E-4 kg SO ₂
Fabricación:	1.03E-3 kg SO ₂
Utilización:	4.33E-4 kg SO ₂
Fin de la vida útil:	2.25E-5 kg SO ₂

Energía total consumida



7.43 MJ

Material:	3.41 MJ
Fabricación:	2.44 MJ
Utilización:	1.56 MJ
Fin de la vida útil:	0.03 MJ

9.4.3 Portavasos

Material: PVC rígido

Fabricación: Moldeo por Inyección

Región proyectada de fabricación y consumo: Norteamérica

Huella de carbono



0.25 kg CO₂

Material:	0.05 kg CO ₂
Fabricación:	0.12 kg CO ₂
Utilización:	0.06 kg CO ₂
Fin de la vida útil:	0.02 kg CO ₂

Eutrofización del agua



1.07E-4 kg PO₄

Material:	1.72E-5 kg PO ₄
Fabricación:	3.03E-5 kg PO ₄
Utilización:	3.61E-5 kg PO ₄
Fin de la vida útil:	2.32E-5 kg PO ₄

Acidificación atmosférica



1.17E-3 kg SO₂

Material:	1.87E-4 kg SO ₂
Fabricación:	7.54E-4 kg SO ₂
Utilización:	2.21E-4 kg SO ₂
Fin de la vida útil:	1.15E-5 kg SO ₂

Energía total consumida



4.33 MJ

Material:	1.74 MJ
Fabricación:	1.78 MJ
Utilización:	0.79 MJ
Fin de la vida útil:	0.01 MJ

10. VALIDACIÓN

10.1 ARGUMENTACIÓN

A raíz del análisis expuesto a las propuestas y siguiendo los resultados obtenidos por la evaluación QFD de la alternativa y el Método DATUM, se perfila y depura a través de los parámetros expuestos.

Se tiene en cuenta en la evolución de la alternativa para elaboración de los modelos prototipo los ángulos de salida necesarios para la fabricación del molde de inyección.

La implementación de herramientas CAD facilita la construcción del modelo, ya que se proyecta con todas las especificaciones necesarias para la elaboración de los moldes. Para este fin se implementa un software CAD que permite la exportación de archivos a formato .STL utilizado como interfaz entre la tecnología de manufactura de control numérico computarizado y el diseño asistido por computador CAD.

10.2 CUADRO DE VALIDACIÓN

Tabla 18. Validación de requerimientos

Aspectos humanos	Manipulación: Sujeción pinza del artículo o agarre sin problemas. Dimensiones de objeto: <ul style="list-style-type: none">• Portavasos 9 x 8 x 0,4 cm• Porta-clips: 7,6 x 5,7 x 2 cm• Porta- tarjetas: 9 x 5,4 x 2 cm Aristas y excesos de material pulidos Acabados finales dependen del molde de inyección.
Aspectos técnicos	Pellets obtenido de carcasas recicladas Molino, extrusora, prototipadora rápida e inyectora Adhesivo epoxi para piezas si es necesario Ligero por material. Peso aproximado de cada pieza: 17 gr.
Aspectos formal - estéticos	Concepto: Logo de la Escola Politècnica Textura visual de alto y bajo relieve Color amarillo institucional Geometrización de una hoja partiendo de formas presentes en el logo
Aspectos expresivos - formales	Carácter green representada por la hoja formada a partir de sustracciones del logo Los productos expresan la imagen institucional

Aspectos estructurales	<p>Portavasos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Área de superficie: 13355.00 milímetros² • Volumen: 25883.33 milímetros³ <p>Porta-clips:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Área de superficie: 13460.85 milímetros² • Volumen: 35906.74 milímetros³ <p>Porta-tarjetas:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Área de superficie: 12843.67 milímetros² • Volumen: 50770.01 milímetros³ <p>La configuración del producto soporta las cargas de vasos, pocillos, así como de temperaturas. Ángulos de salida para moldes de inyección Forma estable Material resistente a esfuerzos y temperatura</p>
Aspectos de función	<p>Superficie superior suficiente para radios de vasos y pocillos Material impermeable, objetos fáciles de limpiar y almacenar</p>

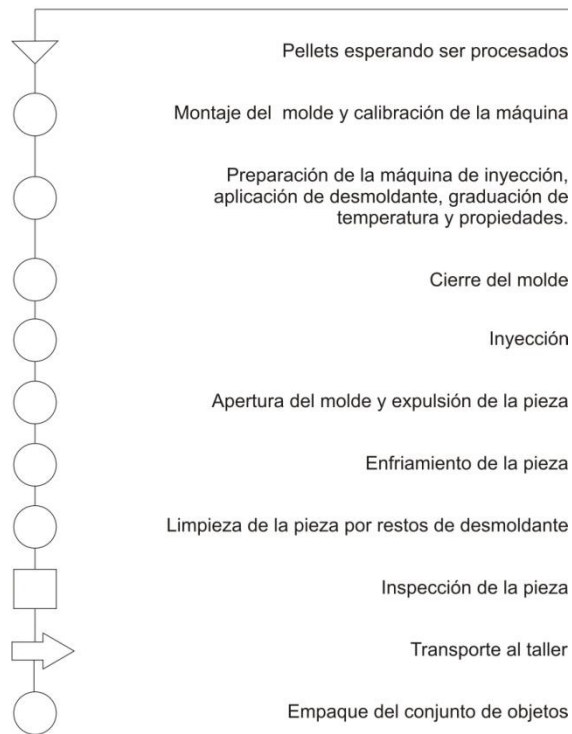
10.3 DIAGRAMA DE PRODUCCIÓN

La preparación para la producción del prototipo consta de tres partes. La elaboración del modelo para la fabricación de moldes, la elaboración de moldes y la inyección.

Para la elaboración de los moldes se requiere conocimientos técnicos como transferencia de calor y ciertas propiedades y relaciones entre el material del molde y el material a inyectar, razón por la cual este estudio no se incluye dentro del proceso.



Producción de piezas



10.3.1 Fabricación del modelo

La fabricación del modelo se realiza en el laboratorio GePro utilizando una máquina de prototipado rápido de tecnología FDM (Fused Deposition Modeling) descrita anteriormente en el presente trabajo.

El modelo es fabricado en ABS, material con el que trabaja la máquina.

10.3.2 Hoja de operación

Pieza 1: Portavasos

Elaboración del molde

Operación	Descripción	Centro de Trabajo	Herramientas
1	Conversión del modelo CAD a CAM	Laboratorio GePro	Computador
2	Elaboración del modelo	Laboratorio GePro	Prototipadora rápida

Elaboración de pellets

Operación	Descripción	Centro de Trabajo	Herramientas
1	Recolecta de carcasas e identificación primaria del polímero. Limpieza de las piezas	Campus	
2	Molienda del material	Laboratorio IMA	Molino de cuchillas
3	Extrusión del material	Laboratorio IMA	Extrusora
4	Pelletización	Laboratorio IMA	Pelletizadora

Producción de las piezas

Operación	Descripción	Centro de Trabajo	Herramientas
1	Montaje y calibración de la máquina inyectora	Taller	Moldes y máquina inyectora
2	Aplicación de desmoldante	Taller	
3	Inyección del material polimérico	Taller	Inyectora

Pieza 2: Porta-clips

Elaboración del molde

Operación	Descripción	Centro de Trabajo	Herramientas
1	Conversión del modelo CAD a CAM	Laboratorio GePro	Computador
2	Elaboración del modelo	Laboratorio GePro	Prototipadora rápida

Elaboración de pellets

Operación	Descripción	Centro de Trabajo	Herramientas
1	Recolecta de carcasas e identificación primaria del polímero. Limpieza de las piezas	Campus	
2	Molienda del material	Laboratorio IMA	Molino de cuchillas
3	Extrusión del material	Laboratorio IMA	Extrusora
4	Pelletización	Laboratorio IMA	Pelletizadora

Producción de las piezas

Operación	Descripción	Centro de Trabajo	Herramientas
1	Montaje y calibración de la máquina inyectora	Taller	Moldes y máquina inyectora
2	Aplicación de desmoldante	Taller	
3	Inyección del material polimérico	Taller	Inyectora

Pieza 3: Porta-tarjetas

Elaboración del molde

Operación	Descripción	Centro de Trabajo	Herramientas
1	Conversión del modelo CAD a CAM	Laboratorio GePro	Computador
2	Elaboración del modelo	Laboratorio GePro	Prototipadora rápida

Elaboración de pellets

Operación	Descripción	Centro de Trabajo	Herramientas
1	Recolecta de carcasas e identificación primaria del polímero. Limpieza de las piezas	Campus	
2	Molienda del material	Laboratorio IMA	Molino de cuchillas
3	Extrusión del material	Laboratorio IMA	Extrusora
4	Pelletización	Laboratorio IMA	Pelletizadora

Producción de las piezas

Operación	Descripción	Centro de Trabajo	Herramientas
1	Montaje y calibración de la máquina inyectora	Taller	Moldes y máquina inyectora
2	Aplicación de desmoldante	Taller	
3	Inyección del material polimérico	Taller	Inyectora

11. CONCLUSIONES

A continuación se presentarán algunos de los principales hallazgos que dan cuentas de esta investigación:

IGNORANCIA ENTRE LA COMUNIDAD

Durante la etapa de investigación se pudo observar que existen tanto en Colombia como en Brasil investigaciones, estudios y campañas llevadas a cabo por diferentes entes, organizaciones y empresas, solo que ese tipo de iniciativas no llega a la comunidad como información verídica y explicativa mediante medios de comunicación adecuados para todo tipo de poblaciones (con educación baja, media, alta). Esta es una de las razones principales por las cuales estos proyectos no culminan con éxito.

INFRAESTRUCTURA DEL SECTOR PRODUCTIVO DE LA CADENA DEL RECICLAJE

Colombia y Brasil tienen industrias diferentes. Mientras Colombia lanza iniciativas y proyectos en pro del trabajo con el reciclaje, no se enfrenta a la extensión territorial de un país como Brasil, cuyo mercado interno es significativamente grande como se expuso en la investigación; aún así Brasil es un país que está comenzando a importar basura eléctrica y electrónica con el fin de completar las cantidades suficientes para ser procesada y vendida. El problema que trae esto, es que la población de bajos recursos en medio de la necesidad de encontrar trabajo, comienza a ejercer dentro de esta cadena de manera clandestina, sin ningún tipo de legislación o normatividad acorde con el tipo de desechos a manejar.

NECESIDAD DE REDEFINIR CONCEPTOS

Un tema relacionado a la construcción de conocimiento en esta área es la revisión de la terminología empleada, para hacer discriminación dentro de la cadena de reciclaje de las acciones que se llevan a cabo, tales como reciclaje y reacondicionamiento, ya que la idea es que el sector cada día sea más estructurado y especializado, además de que esto facilitaría el proceso de selección.

Otro factor a considerar en esa redefinición de conceptos es que la comunidad puede apropiarse más de la terminología y entender lo que están haciendo con el fin de impulsar

esta actividad, así por ejemplo, en el caso de computadores para educar en Colombia, el proyecto sería de reacondicionamiento de equipos con un carácter social, ya que reciclaje como tal sería la transformación total del material.

DIFERENCIA ENTRE LOS PAÍSES

Como se mencionó anteriormente, Brasil supera a Colombia en su mercado interno, extensión territorial y producción ampliamente. Por esta razón, en Brasil se observa que la gente adquiere más dispositivos y aparatos que en Colombia. Lo anteriormente dicho también constituye una observación personal gracias al tiempo que he vivido en Rio de Janeiro, donde he podido ver las facilidades de adquisición de tecnología y bienes de consumo, así como el impulso que tienen las marcas propias dentro del País, gracias a su poder de industria. Sin embargo, así como es de extenso el país es de grande su población, lo que dificulta llevar a cabo este tipo de campañas, iniciativas y proyectos.

DIVERSIDAD EN EL MODELO DE IMPLEMENTACIÓN

Muchos países en el mundo han adoptado modelos de implementación y legislación internacional en torno al Reciclaje de Aparatos Eléctricos y Electrónicos, pero no todos han sido casos exitosos. Dentro de Latinoamérica, el caso más exitoso sobre el manejo de estos residuos ha sido Chile, país que quizás corresponde a una realidad más cercana para Brasil y Colombia, y un modelo de éxito interesante para ser estudiado.

VARIEDAD DE PROYECTOS

En Colombia se llevan a cabo iniciativas por parte del Gobierno para aportar a la cadena del Reciclaje siendo el país pionero y de mayor éxito con relación al reacondicionamiento de computadores con un eje social; Brasil por su parte, demuestra tener éxito en la realización de proyectos tanto en impacto y consolidación en el medio ambiente gracias a diferentes entidades Estadales, Municipales, Gubernamentales y Educativas que se comprometen con esta causa.

INSTITUCIONALIZACIÓN DE LOS PROCESOS DE REACONDICIONAMIENTO DE COMPUTADORES

Como apoyo a la conclusión antes expuesta sobre la infraestructura del proceso productivo de la cadena del reciclaje, a mi parecer, podría ser la separación de esta en

nombre con el fin de crear una cadena de reacondicionamiento de computadores que trabaje en parceria con diferentes empresas y entidades educativas y que permita generar el impacto a mayor escala, con el fin de obtener el grado de organización y especialización que exige el proceso del reciclaje y reacondicionamiento de equipos.

CONVENIOS Y TRATADOS INTERNACIONALES

Aunque existen tratados y convenios internacionales fuertes como el Convenio de Basilea sobre el control de los movimientos transfronterizos de los desechos peligrosos y su eliminación; y la Directiva RAEE adoptada por varios países, no existe una política internacional fuerte y tajante sobre este tema, debido a esto, se está creando una problemática social por las importaciones. Brasil no es la excepción, aunque no tiene una emergencia social, existe un manejo clandestino de este tipo de recursos a través de las Cooperativas o grupos de trabajo informales.

DISEÑO COMO HERRAMIENTA

En el mundo del reciclaje el diseño industrial es una herramienta ya que conecta el usuario directo con el mercado para el resurgimiento de productos, y así mismo, permite tener en cuenta múltiples factores de producción y mercadeo.

DISEÑO CON CONCIENCIA

Aunque este proyecto no tenía carácter de venta y comercialización del producto, se cumple con la meta de transmitir el mensaje de compromiso de la Universidad Federal de Rio de Janeiro y la Universidad Industrial de Santander con el medio ambiente y la generación de conocimiento con conciencia ambiental.

INNOVACIÓN

Una de las características de este proyecto es la reducción en lo posible la combinación de materiales, debido a que este último dificulta el proceso de reciclaje de los productos y su caracterización. Esto exigió factores formal-estéticos de tal forma que se consiguiera la armonía con el material reciclado.

RECUPERACIÓN DE LA MATERIA PRIMA

El proceso de reciclaje de carcasas de computadores e impresoras debe hacerse mediante ambientes muy controlados, en los cuales se pueda tener vigilancia sobre los recursos utilizados tales como el agua, ya que se utilizan durante todo el proceso.

USO DE LOS RECURSOS EN LA EXTRUSIÓN DEL MATERIAL

El agua es un recurso muy utilizado en el proceso para la refrigeración, por lo cual debe tenerse un control estricto para aprovecharlo al máximo y hacer que el proceso sea más sostenible.

COMPORTAMIENTO DEL MATERIAL

El PVC reciclado presenta excelentes condiciones de fluencia a pesar del paso de los años para el proceso de extrusión, lo cual facilita su reciclaje.

El PVC es un material que con el tiempo se va amarillando, pero al someterse a procesos de reciclaje, retoma su color característico blanco.

El PVC reciclado tiene bajo MFI lo que significa mayor fuerza cohesiva y elasticidad, pero es más difícil de procesar debido a su viscosidad.

INYECCIÓN DEL PVC RECICLADO

Para la inyección del PVC reciclado se necesita una temperatura de trabajo menor de 230°, pero pocas empresas en Colombia trabajan con PVC. El éxito del trabajo con este material radica en la graduación de la máquina.

12. REFERENCIAS

- [1] **Greenpeace.** The e-waste problem. [En línea] [Citado el: 13 de 9 de 2010.] <http://www.greenpeace.org/international/campaigns/toxics/electronics/the-e-waste-problem/>.
- [2] **Basilea, Convenio de.** *Convenio de Basilea sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación.* 2005.
- [3] **Gaule, Hemant.** *Recovery of Precious Metals from Electronic Waste.* Surat : B. Tech - IV, Chemical Engineering. Sadar Vallabhbai National Institute of Technology.
- [4] **Castán Salinas, Alejandro.** *Material Informático y Contaminación Medioambiental.* 2007.
- [5] **RAEE, Directiva.** Diario Oficial de la Unión Europea. [En línea] 13 de 2 de 2003. <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:037:0024:0038:es:PDF>.
- [6] Gestión de RAEE en Colombia. [En línea] [Citado el: 17 de 9 de 2010.] <http://raee.org.co/3-lineas>.
- [7] **Ministry of Environment & Forests Central Pollution Control Board.** *Guidelines for Environmentally Sound Management of E-Waste.* Delhi : s.n., 2008.
- [8] **Recycla Chile S.A., Fundación Casa de la Paz.** *Residuos Electrónicos. La nueva basura del Siglo XXI. Una amenaza una oportunidad.*
- [9] **Puckett, Jim, y otros.** *Exporting Harm: The High-Tech Trashing of Asia.* s.l. : Basel Action Network & Silicon Valley Toxics Coalition, 2002.
- [10] **Andueza, Felipe.** Lixo Eletrônico. [En línea] 2009. www.lixoeletronico.org.
- [11] **UNEP.** *Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies.* 2009.
- [12] **Ott, Daniel.** Gestión de Residuos Electrónicos en Colombia: Diagnóstico de Computadores y Teléfonos celulares. *Federal Institute for Material Testing and Research (EMPA).* [En línea] 2008.
- [13] **Da Silva, Bruna, Cremonesi, Flávia y Stergiou, Tanya.** *Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil.* Santo André. 2007.
- [14] **MINTIC, Ministerio de Tecnología de la Información y las Comunicaciones.** Computadores para Educar. [En línea] www.computadoresparaeducar.gov.co.
- [15] **seco/EMPA y CNPMLTA.** Gestión de RAEE en Colombia. [En línea] 2009. raee.org.co.

- [16] **Neiva Moreira, Martha.** Hora de reciclar eletrônicos. *GLOBO. Reciclo Ambiental*. 7 de 12 de 2010. www.recicloambiental.com.br.
- [17] Lixo eletrônico. [En línea] [Citado el: 20 de 10 de 2010.] <http://www.lixoeletronico.org>.
- [18] **Zanin, Maria y Donnini Mancini, Sandro.** Resíduos Plásticos e Reciclagem. Aspectos gerais e tecnologia. São Carlos : Edfuscar, 2009.
- [19] **Leadbitter, J., Day, J.A. y Ryan, J.L.** PVC: compunds, processing and applications. s.l. : RAPRA Technology LTD., 1994.
- [20] Textos Científicos.com. [En línea] [Citado el: 10 de 12 de 2010.] <http://www.textoscientificos.com/polimeros/pvc>.
- [21] **Mano, Eloisa Biasotto.** *Polímeros como materiais de engenharia*. São Paulo : Edgard Blücher LTDA, 1991.
- [22] Wikipedia . *ABS Acrilonitrilo - Butadieno - Estireno*. [En línea] [Citado el: 21 de 12 de 2010.] http://es.wikipedia.org/wiki/Poliestireno#Peso_molecular.
- [23] **Montaño, Francisco.** Universidad Mayor de San Simón. *Tecnología II*. [En línea] 2004. [Citado el: 3 de 1 de 2011.] <http://materias.fcyt.umss.edu.bo/tecno-II>.
- [24] Wikiversity. *Principios del procesado de los Polímeros*. [En línea] [Citado el: 9 de 11 de 2010.] http://es.wikiversity.org/wiki/Principios_del_procesado_de_los_pol%C3%ADmeros._Procesados_de_pol%C3%ADmeros#Referencias.
- [25] **Stockler, José.** Material de Aula. *Tipos de moldes de inyección*.
- [26] **Oliveira Fonseca, Joaquim.** Apoio às aulas. *Fabricação de Moldes*. [En línea] 21 de 9 de 2010. [Citado el: 18 de 10 de 2010.] <http://paginas.fe.up.pt/~fonseca/FabMoldes/FabMoldes.html>.
- [27] **Sodhi y Reimer.** *Basel Action Network*. 2001.
- [28] Wikipedia. [En línea] http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice_de_fluidez.
- [29] **García Melón, Mónica, CLoquell Ballesteros, Vicente y Gómez Navarro, Tomás.** *Metodología del diseño industrial*. Valencia : Universidad Politécnica de Valencia.
- [30] **Van Hoof, Bart, Monroy, Néstor y Saer, Alex.** *Producción Más Limpia. Paradigma de Gestión Ambiental*. s.l. : Universidad de los Andes, 2008.
- [31] **Mano, Eloisa y Mendes, Luis.** *Indentificação de Plásticos, Borrachas e Fibras*. s.l. : Edgard Blucher LTDA, 2000.

[32] **Sung, Jing, Wang, Welong y Ma, Chunyuan.** *An Exploratory Study of Electronic Waste Treatment: Microwave-induced Pyrolysis.* Jim, China : Yong Dng School of Energy and Power Engineering Shandong University.

[33] **Silva, Bruna Daniela da, Lopes Martins, Dalton y Cremonesi de Oliveira, Flávia.** *Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil.* s.l. : Santo André, 2007.

13. BIBLIOGRAFÍA

ANDUEZA, Felipe. Lixo Eletrônico [En línea]. - 2009. - www.lixoeletronico.org.

BASILEA CONVENIO DE BASILEA sobre el Control de los Movimientos Transfronterizos de los Desechos Peligrosos y su Eliminación [Informe]. - 2005.

CASTÁN SALINAS, Alejandro. Material Informático y Contaminación Medioambiental [Informe]. - 2007.

DA SILVA BRUNA, Cremonesi Flávia y STERGIU, Tanya Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil. Santo André [Informe]. - 2007.

GARCÍA MELÓN, Mónica; CLOQUELL BALLESTEROS, Vicente y GÓMEZ NAVARRO, Tomás. Metodología del diseño industrial [Libro]. - Valencia : Universidad Politécnica de Valencia.

GAULE, Hemant. Recovery of Precious Metals from Electronic Waste [Informe]. - Surat : B. Tech - IV, Chemical Engineering. Sadar Vallabhghai National Institute of Technology. Gestión de RAEE en Colombia [En línea]. - 17 de 9 de 2010. - <http://raee.org.co/3-lineas>.

GREENPEACE. The e-waste problem [En línea]. - 13 de 9 de 2010. - <http://www.greenpeace.org/international/campaigns/toxics/electronics/the-e-waste-problem/>.

LEADBITTER, J., DAY, J.A. y RYAN, J.L. PVC: compunds, processing and applications [Sección del libro]. - [s.l.] : RAPRA Technology LTD., 1994.

Lixo eletrônico [En línea]. - 20 de 10 de 2010. - <http://www.lixoeletronico.org>.

MANO, Eloisa. Polímeros como materiais de engenharia [Libro]. - São Paulo : Edgard Blücher LTDA, 1991.

MANO, Eloisa y MENDES, Luis. Identificação de Plásticos, Borrachas e Fibras [Informe]. - [s.l.] : Edgard Blucher LTDA, 2000.

MINISTRY OF ENVIRONMENT & FORESTS CENTRAL POLLUTION CONTROL BOARD. Guidelines for Environmentally Sound Management of E-Waste [Informe]. - Delhi : [s.n.], 2008.

MINTIC Ministerio de Tecnología de la Información y las Comunicaciones Computadores para Educar [En línea]. - www.computadoresparaeducar.gov.co.

MONDELO, Pedro R. [y otros] Ergonomía 3. Diseño de puestos de trabajo [Libro]. - Barcelona : Mutua Universal, 1998.

MONTAÑO, Francisco. Universidad Mayor de San Simón [En línea] // Tecnología II. - 2004. - 3 de 1 de 2011. - <http://materias.fcyt.umss.edu.bo/tecno-II>.

NEIVA MOREIRA, Martha. Hora de reciclar eletrônicos [Artículo] // GLOBO. Reciclo Ambiental. - Rio de Janeiro : [s.n.], 7 de 12 de 2010. - www.recicloambiental.com.br.

OLIVEIRA FONSECA, Joaquim. Apoio às aulas [En línea] // Fabricação de Moldes. - Universidade do Porto. Faculdade de Engenharia, 21 de 9 de 2010. - 18 de 10 de 2010. - <http://paginas.fe.up.pt/~fonseca/FabMoldes/FabMoldes.html>.

OTT, Daniel. Gestión de Residuos Electrónicos en Colombia: Diagnóstico de Computadores y Teléfonos celulares [En línea] // Federal Institute for Material Testing and Research (EMPA). - 2008.

PUCKETT, Jim [y otros] Exporting Harm: The High-Tech Trashing of Asia [Informe]. - [s.l.] : Basel Action Network & Silicon Valley Toxics Coalition, 2002.

RAEE Directiva Diario Oficial de la Unión Europea [En línea]. - 13 de 2 de 2003. - 10 de 2010. - <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=OJ:L:2003:037:0024:0038:es:PDF>.

RECYCLA CHILE S.A., FUNDACIÓN CASA DE LA PAZ Residuos Electrónicos. La nueva basura del Siglo XXI. Una amenaza una oportunidad. [Informe].

seco/EMPA y CNPMLTA Gestión de RAEE en Colombia [En línea]. - 2009. - raee.org.co.
SILVA, Bruna Daniela da, LOPES MARTINS, Dalton y CREMONESI DE OLIVEIRA, Flávia Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil [Informe]. - [s.l.] : Santo André, 2007.

SODHI y REIMER Basel Action Network [Informe]. - 2001.

STOCKLER, José Material de Aula // Tipos de moldes de inyección.

SUNG, Jing; WANG, Welong y MA, Chunyuan. An Exploratory Study of Electronic Waste Treatment: Microwave-induced Pyrolysis [Informe]. - Jim, China : Yong Dng School of Energy and Power Engineering Shandong University.

Textos Científicos.com [En línea]. - 10 de 12 de 2010. - <http://www.textoscientificos.com/polimeros/pvc>.

UNEP Sustainable Innovation and Technology Transfer Industrial Sector Studies [Informe]. - 2009.

VAN HOOF, Bart; MONROY, Néstor y SAER, Alex. Producción Más Limpia. Paradigma de Gestión Ambiental [Libro]. - [s.l.] : Universidad de los Andes, 2008.

Wikipedia [En línea]. - http://es.wikipedia.org/wiki/%C3%8Dndice_de_fluidez.

Wikipedia [En línea] // ABS Acrilonitrilo - Butadieno - Estireno. - 21 de 12 de 2010. - http://es.wikipedia.org/wiki/Poliestireno#Peso_molecular.

Wikiversity [En línea] // Principios del procesado de los Polímeros. - 9 de 11 de 2010. - http://es.wikiversity.org/wiki/Principios_del_procesado_de_los_pol%C3%ADmeros._Procesados_de_pol%C3%ADmeros#Referencias.

ZANIN, Maria y DONNINI MANCINI, Sandro. Resíduos Plásticos e Reciclagem. Aspectos gerais e tecnologia [Sección del libro]. - São Carlos : Edfuscar, 2009.

14. BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTAR

MANO, Eloisa. *Polímeros como Materiais de Engenharia.* s.l. : Edgard Blucher LTDA, 1991.

OTTO, Kevin, WOOD, Kristin. *Product Design.* s.l. : Prentice Hall, 2008.

ROMEIRO FILHO, Eduardo; VASCONCELLOS FERREIRA, Cristiano; CAUCHICK MIGUEL; Paulo Augusto, PEREIRA GOUVINHAS, Reidson; MANFREDI NAVEIRO, Ricardo. *Projeto do Produto.* s.l. : Elsevier.

ULRICH, Karl T., EPPINGER, Steven D. *Diseño y desarrollo de productos: Enfoque multidisciplinario.* s.l. : Mc. Graw Hill, 2004.

WONG, Wucius. *Fundamentos del Diseño.* s.l. : Gustavo Gili, 1995.

ANEXOS

ANEXO I. El Empaque

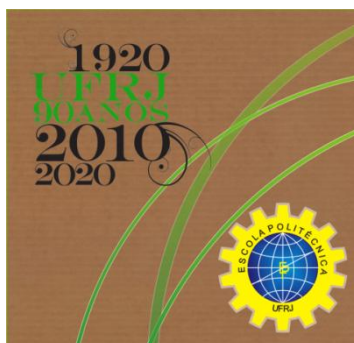
A continuación se presenta la propuesta de empaque. Esta alternativa es sólo una propuesta, ya que el departamento encargado del empaque es el área de Comunicaciones de la Universidad Federal de Rio de Janeiro, quien evalúa el uso de la marca institucional y cuya principal misión es proponer y ejecutar las directrices de una política global de Comunicación Social para la Institución.

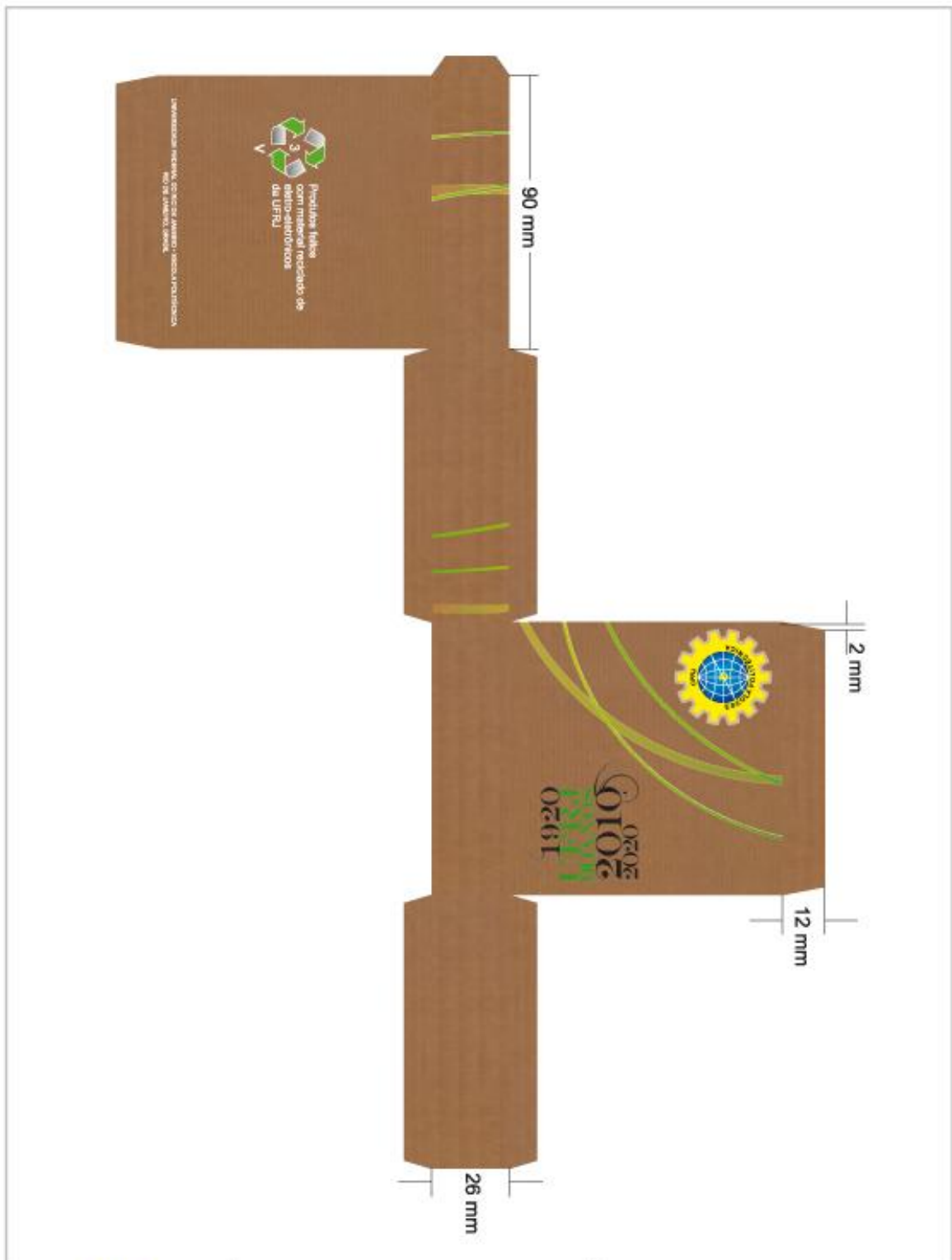



El desarrollo propuesto es una caja de cartón, cuya característica principal es su capacidad de ser reciclado. Así mismo, en pro de su reciclaje, el tratamiento visual utilizado utiliza pocas tintas y un diseño sencillo. Está proyectado para 3 portavasos.

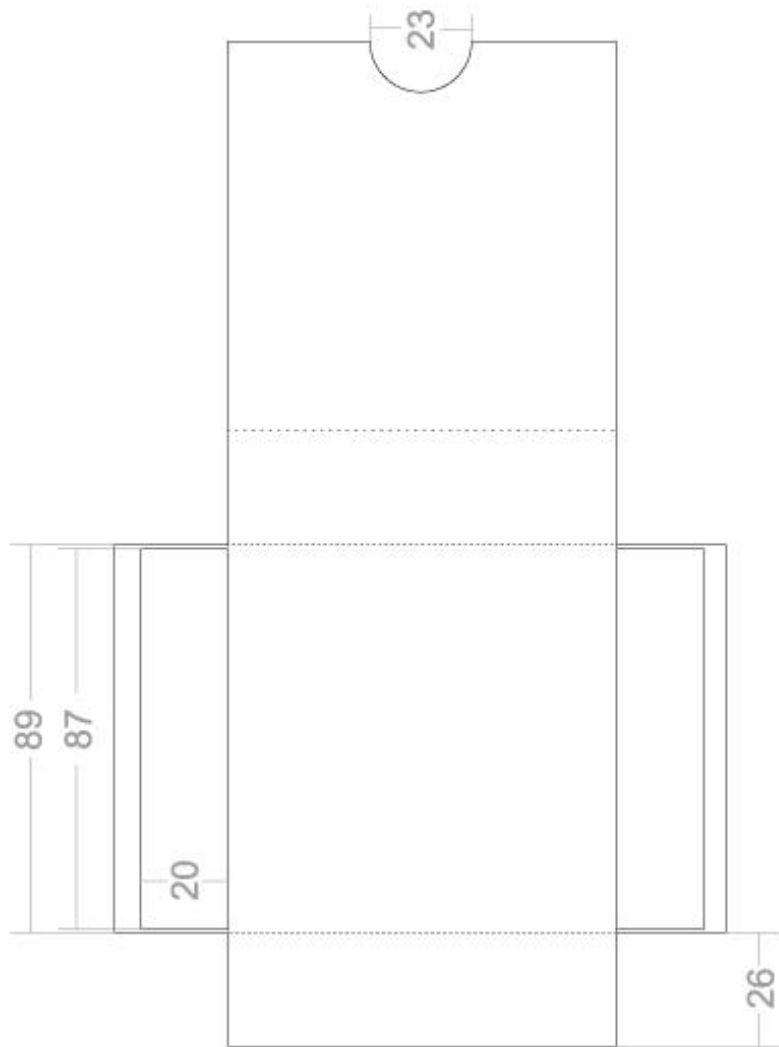
La propuesta también contempla una geometría sencilla con el fin disminuir el desperdicio de material.


En cuanto a la imagen visual, como elementos principales se encuentran el logo de la Escola Politécnica, la imagen de los 90 años de la Universidad y unas líneas sencillas verdes que representan la naturaleza, lo cual le aporta un carácter fresco.





	Producto: Empaque Portavasos POLI		Dimensiones		
	Pieza N°	1	Largo	87 mm	
	Nombre	Empaque	Ancho	87 mm	
ESCOLA POLITÉCNICA UFRU	Dimensiones en mm y grados	Material	Cartón	Calibre	-180 gr



	Producto: Empaque Portavasos POLI		Dimensiones		
	Pieza N°	1	Largo		
	Nombre	Empaque Parte Interna	Ancho		
ESCOLA POLITÉCNICA UFRJ	Dimensiones en mm y grados	Material	Cartón	Calibre	-180 gr

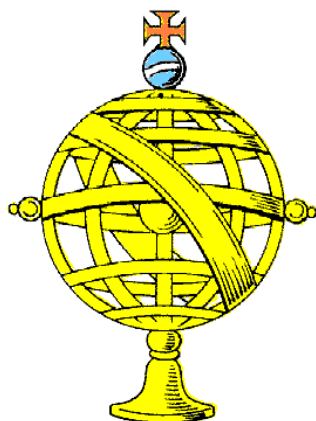
ANEXO II. Simbología De La Escuela Politécnica De La UFRJ

El logo que actualmente tiene la Escuela Politécnica de la UFRJ se remonta a la misma historia del pueblo brasileiro.

El 17 de diciembre de 1792 Don José Luis de Castro, el 2° Conde de Resende, instituyó la **Real Academia de Artillería, Fortificación y Diseño**. Esta institución tuvo una fuerte connotación militar y presentaba una serie de disciplinas encaminadas a la enseñanza de la Arquitectura Civil y tópicos concernientes tales como manejo de materiales (piedras y maderas, decoración de edificios, etc.), construcciones de caminos y calzadas, así como la Arquitectura de Puentes, Canales, Puertos, Diques y Compuertas. Más tarde, el 4 de diciembre de 1810, la Real Academia de Artillería fue transformada por carta regia de don João VI en **Academia Real Militar**. Esa carta regia, introdujo las disciplinas de Ciencias Matemáticas, Físicas y Naturales, así como mantuvo la enseñanza de la Arquitectura Civil.

Durante el periodo del Principado de Brasil (1645-1816) se designó la bandera portuguesa de la navegación para Brasil, consistente en un fondo blanco con una esfera armilar dorada y en la parte superior la Cruz de la Orden de Cristo. Finalmente, el uso de la esfera armilar se extendió no solo a los navíos sino también a monedas y otros tipos de cosas, lo cual terminó convirtiéndola en un emblema oficial de Brasil.

Esfera Armilar de la bandera portuguesa de la navegación para Brasil



Fuente: www.novomilenio.inf.br/festas/brasil06.htm

La esfera armilar es un antiguo instrumento que servía para determinar las coordenadas celestes de los astros y estaba constituida por un cierto número de círculos que representan el ecuador celeste, la eclíptica, el horizonte, el zodiaco, etc. A su vez, la esfera armilar en el escudo Portugués adoptada como emblema personal de D. Manuel I, se encuentra presente en los símbolos nacionales y consagra “la epopeya marítima portuguesa (...) hecho cúlmine de la vida colectiva portuguesa”.

La Academia Real Militar sufrió varias alteraciones de contenido y de denominación a lo largo de su existencia y a mediados del siglo XIX se llamó **Escuela Militar de la Corte**, hasta 1874 cuando se separó definitivamente la enseñanza militar y civil.

El 1 de marzo de 1858, un decreto determinó que la Escuela Militar de la Corte pasaría a denominarse **Escuela Central**, en la cual se haría distinción entre la Ingeniería civil y Militar, conservando la enseñanza de las Ciencias Matemáticas, Físicas y Naturales, pero la cual continuó siendo un establecimiento militar.

Cabe resaltar, que durante el periodo de 1821-1822 Brasil había abolido la monarquía absoluta, instituyendo el régimen constitucional. Posteriormente, durante el periodo del Imperio del Brasil (1822-1889) se adopta una bandera compuesta por un rectángulo verde y en él, inscrito un rombo dorado en cuyo centro estaba el Escudo de Armas de Brasil, así mismo, en el centro del Escudo se encuentra la Esfera Armilar.

Bandera del Imperio del Brasil (1822-1889)



Fuente: http://wapedia.mobi/es/Estandarte_Imperial

Finalmente, en 1874 se separaron los dos cursos, dando paso a la creación de la **Escola Polytechnica de Rio de Janeiro**, encargada del curso de Ingeniería Civil, la cual más tarde crearía las especialidades de Ingeniero Geógrafo, Minas, de Artes y Manufacturas, Mecánico, Industrial y Electricista.

En este periodo se encuentran hallazgos de un símbolo utilizado por la Escola Polytechnica de Rio de Janeiro que remonta a los símbolos nacionales, encontrados en anuarios de 1935. El símbolo encontrado es la Esfera Armilar, y en la cual se podía observar la designación de “Escola Politécnica” y del alma máter como “Universidade Técnica Federal”. El borde de la esfera armilar es un engranaje de 17 dientes y en su centro las iniciales EP.

Portada del Anuario de 1935 de la UFRJ. Acervo cultural del Museo de la Escola Politécnica



Fuente: Autor del Proyecto

En 1937 el presidente Getulio Vargas crea las “instituciones nacionales”. La rebeldía de la Congregacion y del cuerpo social de la Escola Polytechnica, según la Ley N°452 del 5 de

Julio de 1937 cambia su nombre a **Escola Nacional de Engenharia**, de la Universidade do Brasil.

Dentro del archivo histórico del Museo de la Escola Politécnica, se encuentra una bandera perteneciente a este periodo de la historia de la Universidad. Se pueden observar desde ese entonces, los colores actuales que maneja la Escola Politécnica, así como el logo insignia que continúa hasta hoy en día que consta de un engranaje y en su centro la Esfera Armilar.

Bandera encontrada en el acervo cultural de la Escola Politécnica



Fuente: Autor del Proyecto

En el año de 1999 hubo un movimiento para rescatar el nombre original de la institución civil y finalmente el 18 de octubre de 2004, el Ministro de Educación fue aprobada la nueva designación de **ESCOLA POLITÉCNICA** de la Universidade Federal do Rio de Janeiro.

Esta última tiene como logo un engranaje de 14 dientes y la esfera armilar en su centro, lo que la mantiene por siempre ligada a la historia de Brasil y su evolución e influencia en el ámbito académico y formación de diferentes disciplinas en el País.

Logo de la Escola Politécnica de la UFRJ



Universidade Federal
do Rio de Janeiro

Escola Politécnica

Fuente: www.poli.ufrj.br

Esta recopilación histórica se hizo gracias a la instrucción y colaboración del profesor Heloi José Fernandes Moreira ex-director de la Escola Politécnica y actual director del Museo de la Escola Politécnica.

COLORES INSTITUCIONALES

Amarillo

El amarillo es el color más brillante y más energizante de los colores cálidos. Está asociado a la felicidad y a la luz del sol.

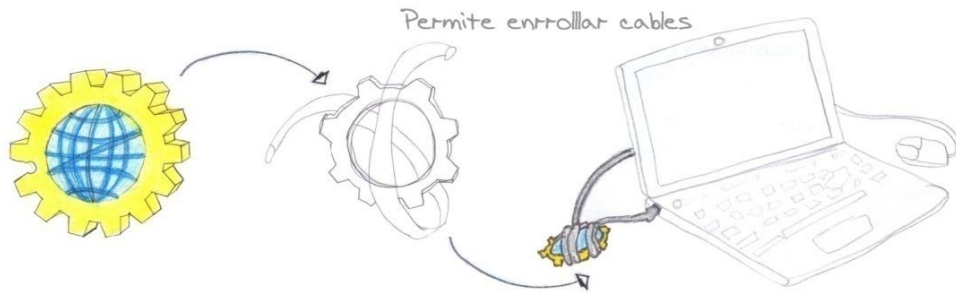
El amarillo también está asociado con la esperanza, y en diseño el color amarillo da un sentido de alegría y entusiasmo. Cuando es usado un color amarillo un poco oscuro o con una tonalidad dorada, lo que se quiere dar es un sentido de permanencia.

Azul

El color azul es generalmente asociado con la responsabilidad, calma y paz. Los colores azules tienen múltiples connotaciones en diseño, entre las cuales, un azul claro está relacionado con la calma, y el azul oscuro es excelente para diseños donde la fuerza y responsabilidad son importantes.

ANEXO III. Ilustración de alternativas

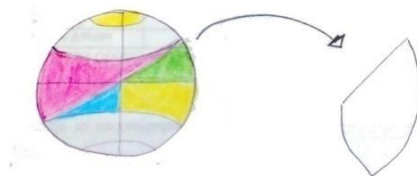
Alternativa 2



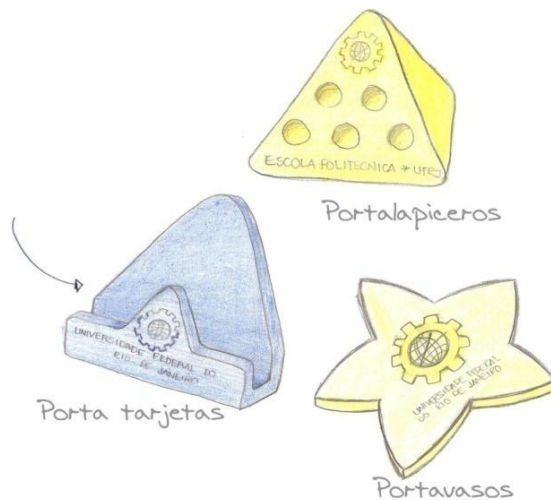
Esta alternativa busca aprovechar las formas propias del engranaje para crear un objeto que permite enrollar cables a su alrededor.



Alternativa 3



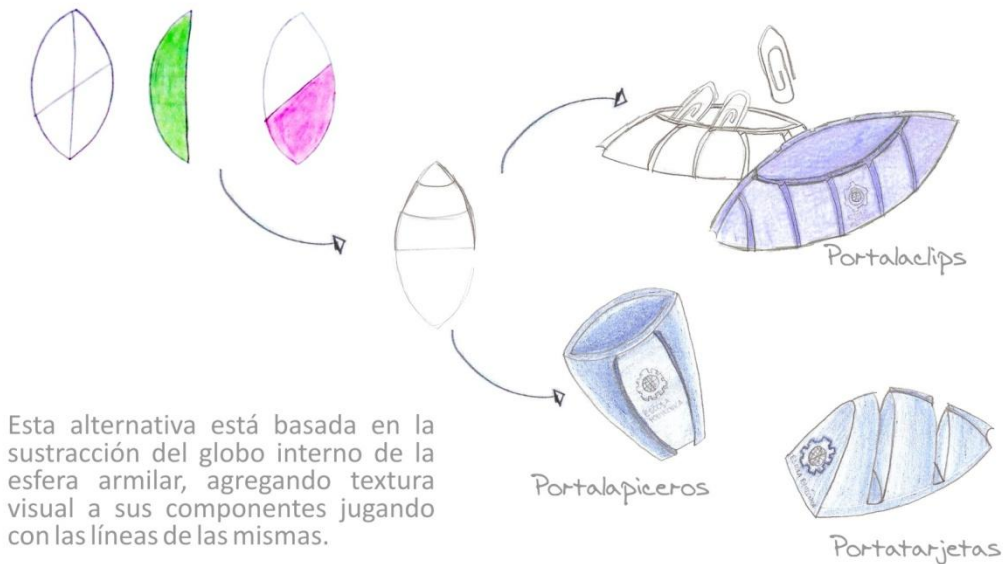
Esta alternativa está basada en la sustracción del globo interno de la esfera armilar



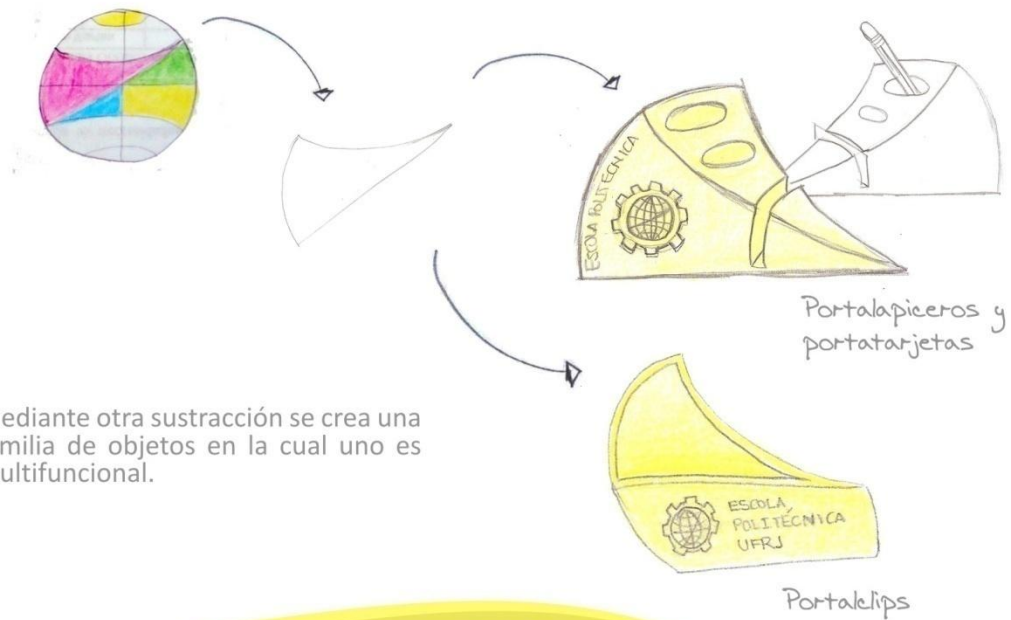
Alternativa 4



Alternativa 5

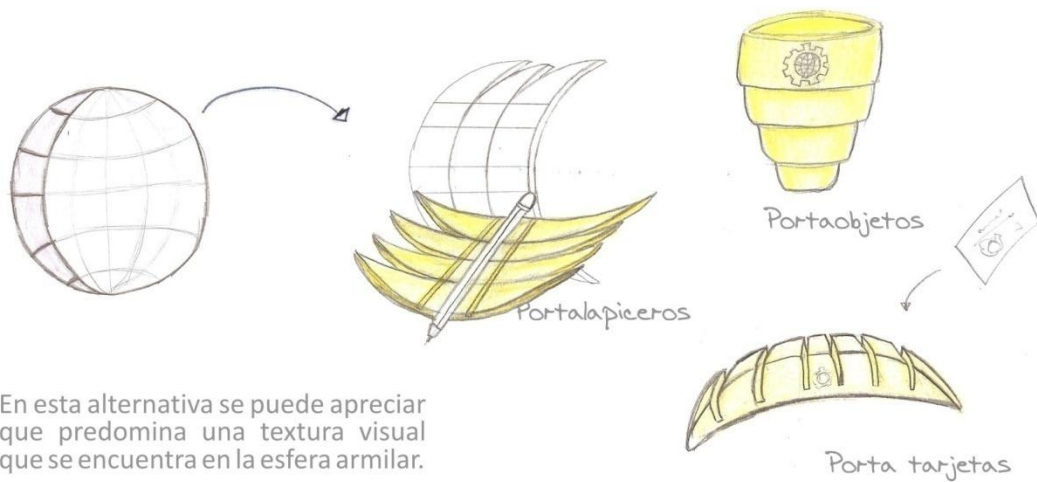


Alternativa 15



Mediante otra sustracción se crea una familia de objetos en la cual uno es multifuncional.

Alternativa 20



En esta alternativa se puede apreciar que predomina una textura visual que se encuentra en la esfera armilar.

ANEXO IV. Evaluación del Método Pugh Para las Alternativas

	Alternativa 1	Alternativa 2	Alternativa 3	Alternativa 5	Alternativa 6	Alternativa 7	Alternativa 8	Alternativa 9	Alternativa 15	Alternativa 12	Alternativa 20
Lectura del producto	5	2	4	4	2	5	4	5	4	4	4
Calidad de los acabados	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Representación Institucional	3	5	3	3	5	5	3	4	3	5	3
Seguridad al usuario	5	4	4	4	4	4	5	4	2	5	4
Apreciación estética	3	3	4	3	4	5	5	5	3	5	5
Utilidad del producto	4	4	3	3	5	4	5	4	3	5	3
Tiempo de vida	5	3	4	3	5	3	5	5	3	5	4
Reciclaje del producto	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Estabilidad	5	3	3	3	5	4	4	4	3	5	3
Dimensiones y proporciones	5	3	3	2	4	5	4	5	4	5	3
Resistencia del objeto	5	3	3	3	4	3	5	4	4	5	4
Comportamiento del material en relación al uso	5	3	4	3	5	4	5	4	3	5	4
Carácter / apariencia ecológica	2	4	2	2	3	1	2	3	2	4	4
Formas geométricas basadas en logo	1	5	3	3	5	5	4	5	3	5	4
Valoración Total	55	43	60	41	59	56	59	62	45	66	53

ANEXO V. Lluvia de Ideas

A partir del logo de la Escola Politécnica se hace una Geometrización que permite identificar los conceptos de diseño y formas base para realizar la lluvia de ideas.

Lluvia de ideas. Geometrización primaria

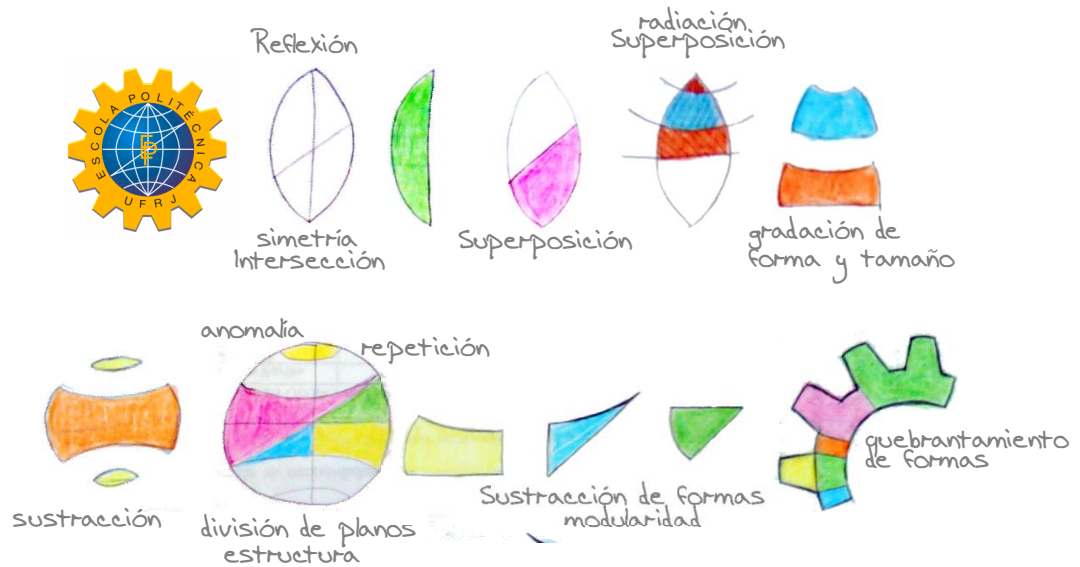


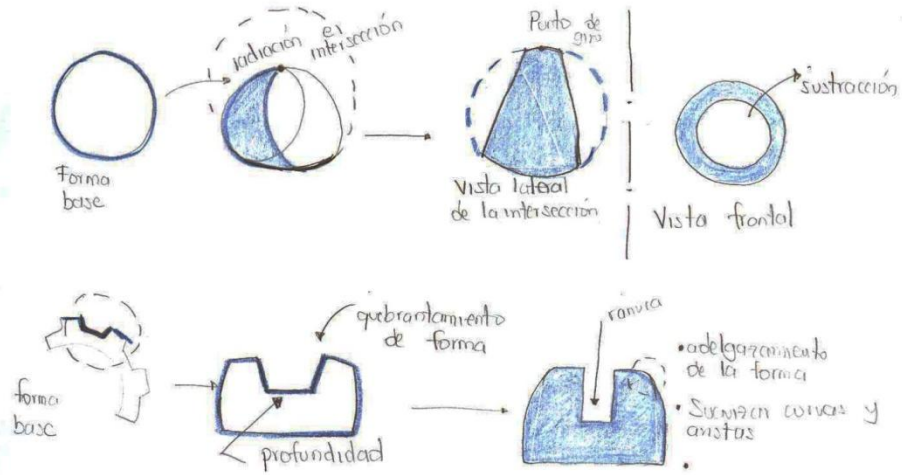
Figura 54. Abstracción de formas del logo de la Escola Politécnica
Fuente: Autor del proyecto

Con esta Geometrización primaria se comienza el trabajo de configuración de formas para el diseño de las alternativas.

Diseño de alternativas

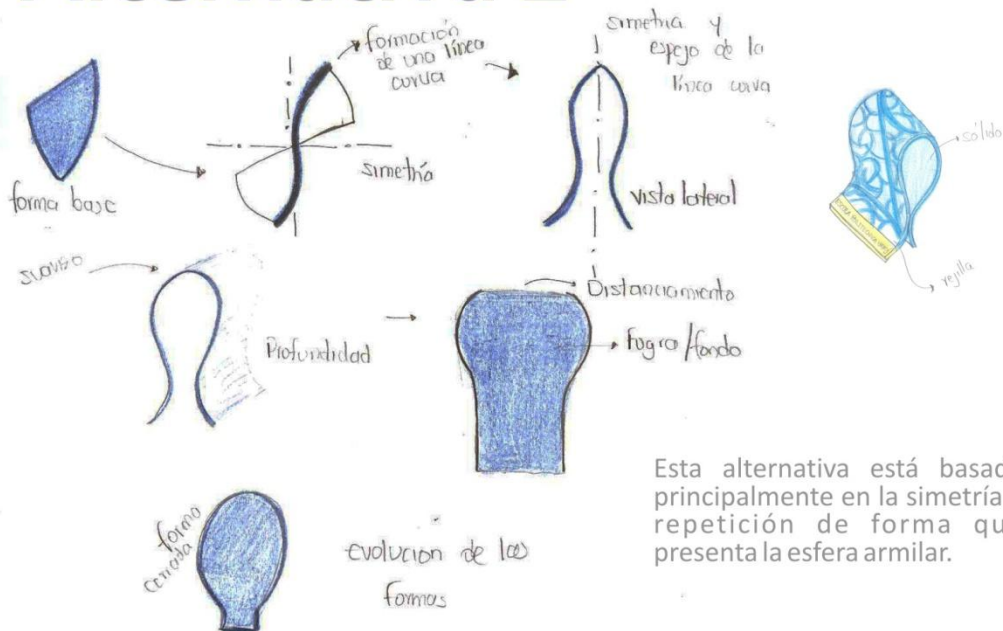
A continuación se muestra de una forma más detallada la configuración de las alternativas de diseño y los conceptos de diseño.

Alternativa 1



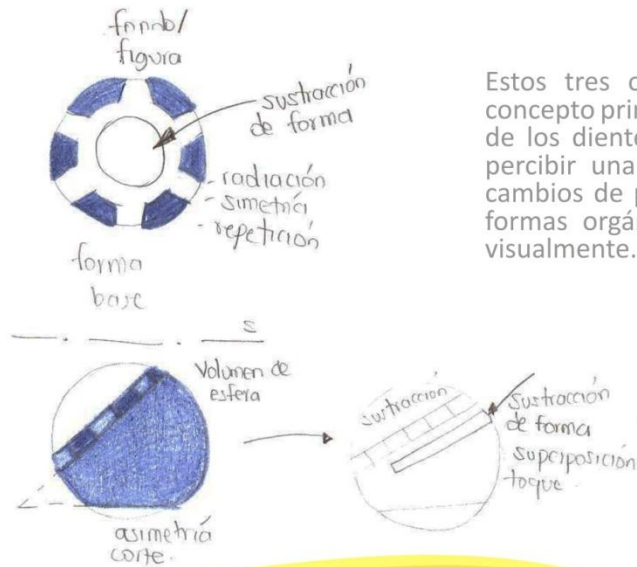
Las formas están basadas principalmente en la esfera armilar y los dientes del engranaje, conjugando formas rectas y curvas para crear la familia de objetos.

Alternativa 2



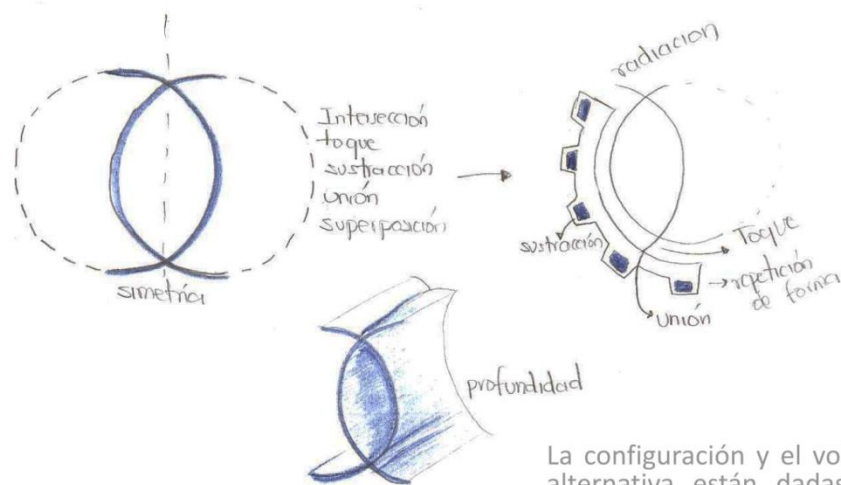
Esta alternativa está basada principalmente en la simetría y repetición de forma que presenta la esfera armilar.

Alternativa 3



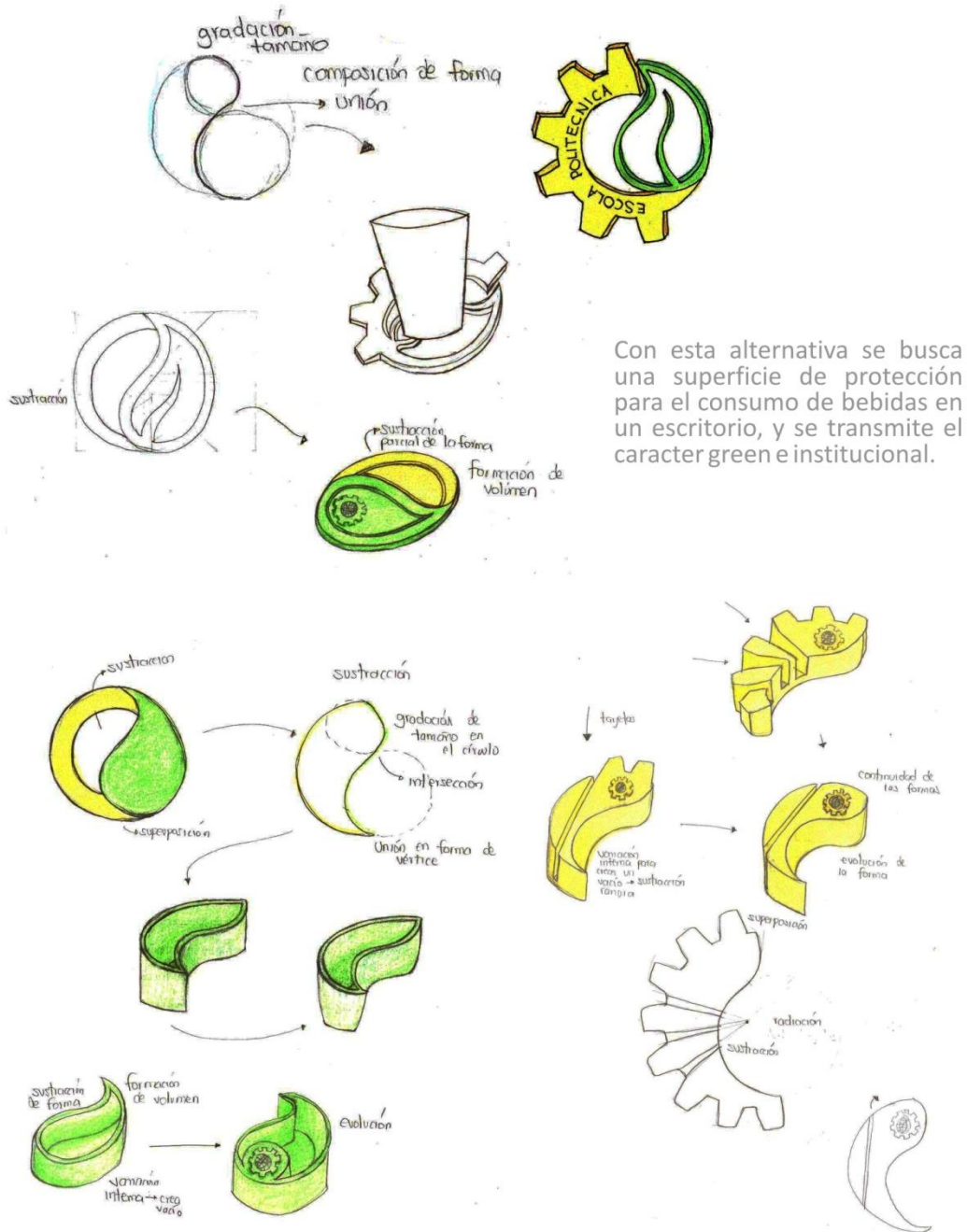
Estos tres objetos mantienen el concepto principal de la sustracción de los dientes del engranaje para percibir una composición rica en cambios de planos, figura/fondo y formas orgánicas que lo estilizan visualmente.

Alternativa 4



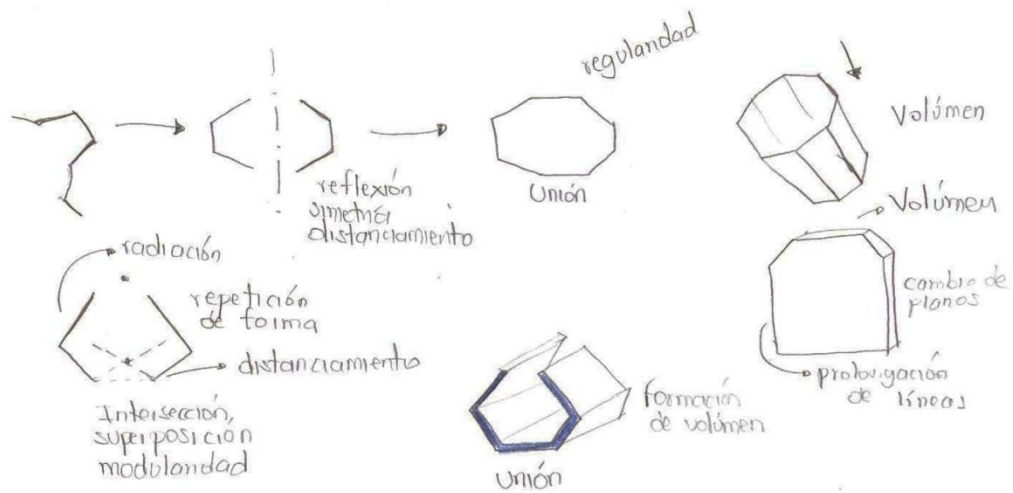
La configuración y el volumen de esta alternativa están dadas mediante la intersección de la forma, la sustracción, simetría y superposición.

Alternativa 6



Con esta alternativa se busca una superficie de protección para el consumo de bebidas en un escritorio, y se transmite el caracter green e institucional.

Alternativa 5



En esta propuesta se presenta una configuración de formas más rectas y pese a la redondez de la esfera armilar, lo que impera es la forma angulosa del engrane.

ANEXO VI. Estudio Ergonómico de la mano

Para el correcto dimensionamiento de los productos se requiere un conocimiento de la mano, longitudes de falanges de los dedos y pesos que se pueden soportar sin que con su uso a largo plazo se cree una afección en el cuerpo humano.

Antropometría de la mano

A continuación se presenta una tabla con los datos antropométricos respectivos a la mano.

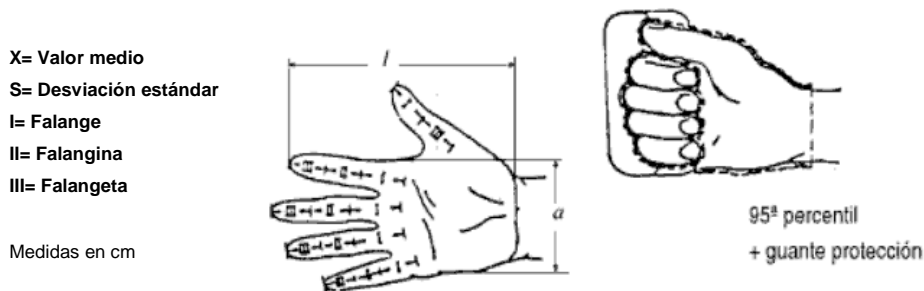


Tabla 19. Antropometría de la mano

Percentil	Pulgar		Indice			Corazón			Anular			Meñique			Largo l	Ancho a
	I	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III		
1	27,5	29	40,5	18	23,5	47,5	20,5	24,5	44	18,5	24,5	33,5	12,5	22	170	80
2	29	30	42	19	24,5	49	22	25	45	20	25,5	34,5	13,5	22,5	175	82
5	29,5	30,5	42,5	19,5	25	50	22,5	25,5	46	20,5	25,5	35	14	23	177	83
10	30,5	31,5	43,5	20,5	25,5	51	23,5	26,5	47	21,5	26,5	36	14,5	24	80	85
20	32	32,5	44,5	21	26,5	52	24,5	27	48,5	22,5	27	37,5	15,5	24,5	185	86
25	32,5	33	45	21,5	27	52,5	25	27,5	49	23	27,5	38	16	25	186	87
50	34,5	34,5	40,5	23	28	55	27	29	51	25	28	40	18	26	193	90
75	36	36	48,5	24,5	29,5	57	29	29,5	53,5	26,5	29,5	41,5	19	27	199	93
80	36,5	26,5	49	25	30	57,5	29	30	54	27	30	42	19,5	27,5	201	94
90	38	37,5	50	26	30,5	59	30,5	30,5	55,5	28,5	30,5	43	20,5	28	205	95
95	39	38	51	27	31	60	31,5	31,5	56,5	29,5	31	44,5	21	28,5	209	97
97	39,5	38,5	51,5	27,5	31,5	60,5	32	32	57	30	31,5	45	21,5	29	211	98
99	41	39,5	53	28,5	32,5	62	33	32,5	58,5	31	32,5	46	22,5	29,5	215	99

Fuente: Ergonomía 3. Diseño de puestos de trabajo. (Mondelo, et al., 1998)

Tipos de agarre

Existen diferentes tipos de agarre de la mano de acuerdo a la actividad a realizar y de la herramienta a utilizar.

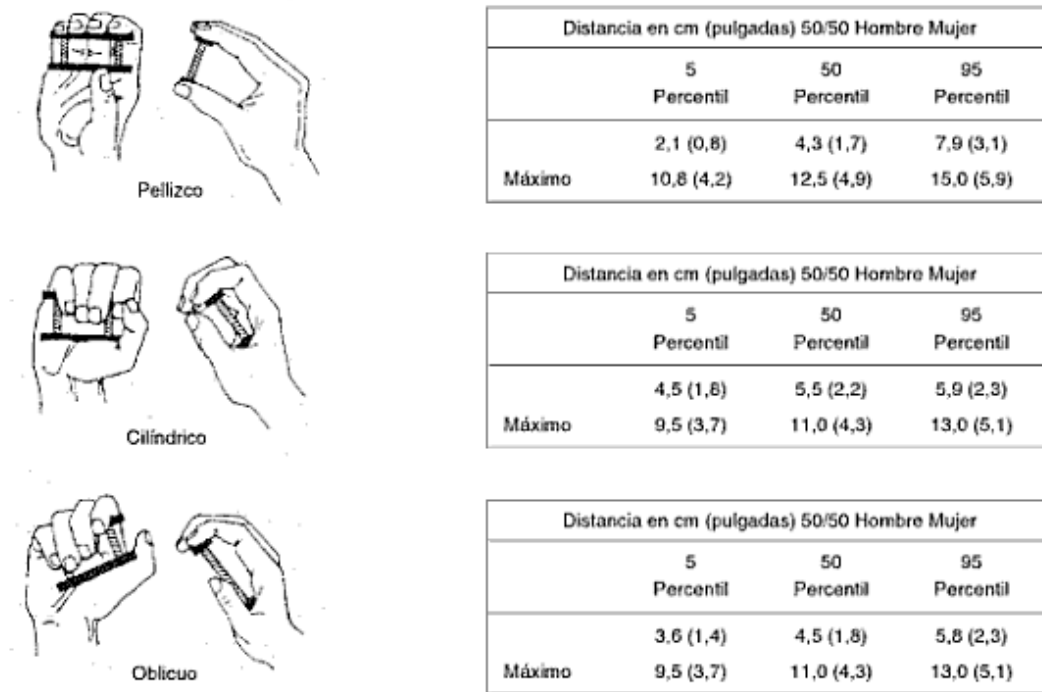


Figura 55. Medidas Antropométricas de las manos
 Fuente: Ergonomía 3. Diseño de puestos de trabajo (Mondelo, et al., 1998)

Para el diseño de las piezas es necesario tener en cuenta los tipos de agarre para tener en cuenta las capacidades de la mano.

Agarre de contacto	Agarre de coger	Agarre de abarcar
1 dedo	2 dedos	2 dedos
pulgar	3 dedos	3 dedos
mano	5 dedos	4 dedos
cesta de la mano	mano	mano

Figura 56. Tipos de agarre
 Fuente: Ergonomía 3. Diseño de puestos de trabajo (Mondelo, et al., 1998)

Levantamiento de cargas

La importancia del peso de las piezas radica en los traumatismos que se puedan generar a raíz del levantamiento de cargas en movimientos repetitivos. Para el diseño de las piezas se tendrán en cuenta los valores máximos permitidos para el levantamiento de cargas, en posición sedente y de pié; para su transporte se determina una fuerza máxima en función de la talla de la persona y de la distancia horizontal a que se tiene sujetado el peso, y se corrige, para obtener la fuerza de referencia contemplando factores como alturas de agarre, la frecuencia, el número de manos y las tareas secundarias.

Factor para el uso de las manos

Levantamientos con una mano	0.60
Levantamientos con las dos manos	1,00

Características de la carga

Tabla 20. Peso de la carga

	Peso máximo*	Factor de corrección
En general	25 kg	0,6
Mayor protección	15 kg	1,6

Fuente: www.uv.es/~cgt/prevencion/CARGAMAN.htm

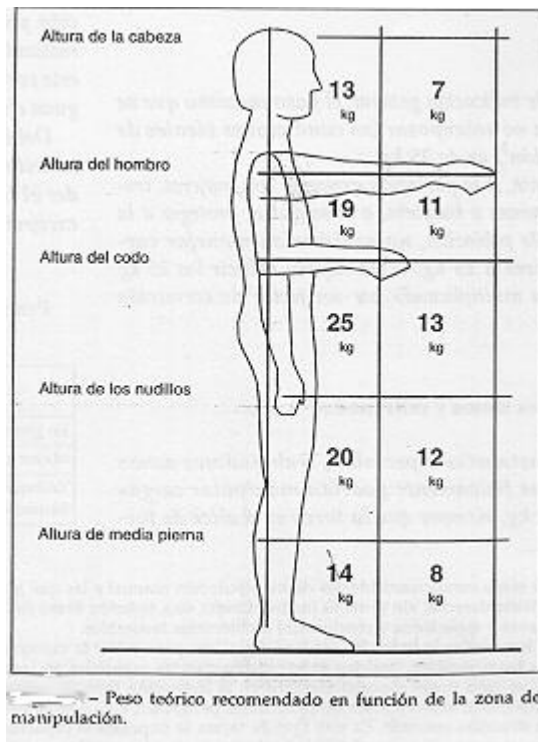


Figura 57. Posición de la carga con respecto al cuerpo

Fuente: www.uv.es/~cgt/prevencion/CARGAMAN.htm

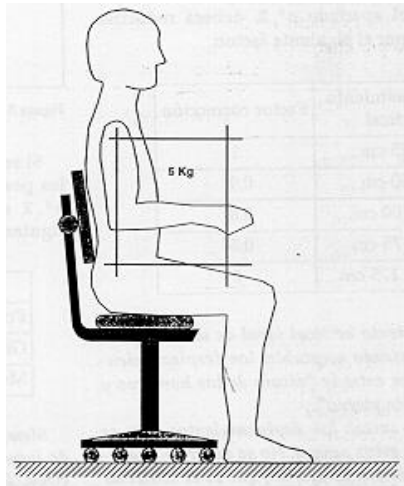


Figura 58. Manipulación de cargas en posición sedente

Fuente: www.uv.es/~cgt/prevencion/CARGAMAN.htm

Desplazamiento vertical

El desplazamiento vertical de la carga es la distancia que recorre esta desde que se inicia el levantamiento hasta que acaba la manipulación. Lo ideal es que no supere los 25 cm.

Son aceptables los que se producen entre la altura de los hombros y la altura de media pierna. Y debes evitar los que se hagan fuera de estas alturas o por encima de 175 cm, que es el límite de alcance para muchas personas.

Factor de agarre

Este factor penaliza elevaciones en las que el agarre de la carga es deficiente. En la siguiente figura se emplea el árbol de decisión para la determinación del tipo de agarre.

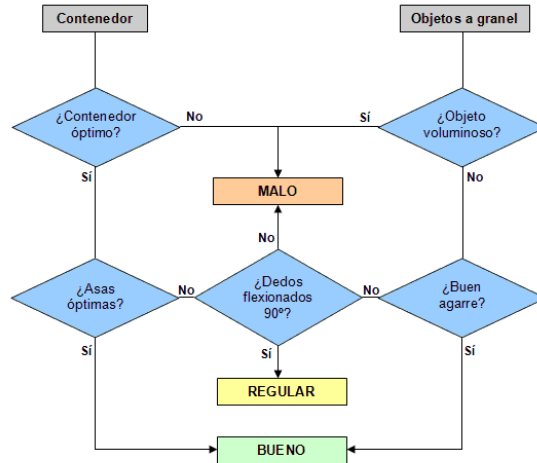


Figura 59. Árbol de decisión para la determinación del tipo de agarre

Fuente: www.niosh.com

Se consideran agarres buenos los llevados a cabo con contenedores de diseño óptimo con asas o agarraderas, o aquellos sobre objetos sin contenedor que permitan un buen asimiento y en que las manos pueden ser bien acomodadas alrededor del objeto.

Un agarre regular es llevado a cabo sobre contenedores con asas o agarraderas no óptimas por ser de tamaño inadecuado, o el realizado sujetando el objeto flexionando los dedos a 90 grados.

Se considera agarre pobre el realizado sobre contenedores mal diseñados, objetos voluminosos a granel, irregulares o con aristas, y los realizados sin flexionar los dedos manteniendo el objeto presionando sobre sus laterales.