

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**



**PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS DEL
ÁREA DE MOLDEO DE LA INDUSTRIA NACIONAL DEL
POLIESTIRENO S.A.C. PARA SU REINGRESO AL
PROCESO**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO INDUSTRIAL**

DULCE MARYLIN ROMAN HERNANDEZ

Chiclayo 12 de Abril de 2017

**“PROPUESTA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS DEL
ÁREA DE MOLDEO DE LA INDUSTRIA NACIONAL DEL
POLIESTIRENO S.A.C. PARA SU REINGRESO AL
PROCESO”**

POR:

DULCE MARYLIN ROMAN HERNANDEZ

**Presentada a la Facultad de Ingeniería de la
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo
para optar el título de
INGENIERO INDUSTRIAL**

APROBADA POR EL JURADO INTEGRADO POR

**Mgtr. Vanessa Lizet Castro Delgado
PRESIDENTE**

**Ing. Diana Peche Cieza
SECRETARIO**

**Ing. Maria Luisa Espinoza Garcia Urrutia
ASESOR**

DEDICATORIA

A Dios por ser mi fortaleza y guía durante la realización de mi tesis y en el camino de mi vida personal y profesional.

A mis padres, por ser los pilares más importantes y por demostrarme siempre el cariño y apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones.

A mi asesora María Luisa Espinoza García Urrutia e ingenieros de mi facultad, por su tiempo, apoyo y conocimiento que hicieron que me desenvuelva académicamente.

Finalmente, a una persona especial quien me apoyó y motivó mucho a lo largo de mi vida personal y en el transcurso de la carrera profesional.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa Industria Nacional del Poliestireno S.A.C. por permitirme ingresar y acceder a la información necesaria para el desarrollo de mi tesis. Al Jefe de Planta de la empresa Jimmy Oliva Sipión por los consejos brindados.

A la Universidad Santo Toribio de Mogrovejo y a los excelentes docentes, que fueron parte de mi formación académica, y a los cuales les debo los conocimientos aplicados en esta investigación

RESUMEN Y PALABRAS CLAVE

La empresa Industria Nacional de Poliestireno S.A.C. se dedica a producir productos hechos de poliestireno expandido (EPS). Uno de sus principales productos son las cajas de EPS, las cuales están constituidas por un cuerpo y una tapa. Las cajas de EPS toman forma en el área de moldeo, generando como residuo las perlas de EPS con impurezas, las cuales son almacenadas y luego, eliminadas al botadero de Reque originando un grave impacto ambiental, debido a que no son biodegradables. Las perlas de desecho, aunque, presentan manchas de grasa industrial y pintura podrían ser reutilizadas en el proceso descrito previo tratamiento. Por lo que la presente investigación propone un sistema de tratamiento de residuos en el área de moldeo, para su reingreso al proceso. Se realizó la caracterización del residuo mediante pruebas físicas para la determinación de la densidad aparente, humedad y aspecto físico, obteniendo como resultado que las características del residuo seco cumplen con los requerimientos de la materia prima virgen. Así mismo se aplicó un diagrama de decisiones para la selección del tratamiento y se aplicó el método de factores ponderados para la selección del insumo, dando como resultado el lavado con detergente industrial. En base al método elegido se diseñó el sistema de tratamiento y se realizó el análisis costo beneficio, donde se calculó el consumo de energía, agua, entre otros costos y en beneficio las ventas de productos, pago en transporte y multas teniendo como ganancia de 0,43 por cada sol invertido.

Palabras clave: Poliestireno expandido, reutilización de residuos, área de moldeo, tratamiento de residuos.

ABSTRACT AND KEY WORDS

The National Polystyrene Industry S.A.C. Is dedicated to producing products made of expanded polystyrene (EPS). One of its main products are the boxes of EPS, which are constituted by a body and a lid. EPS boxes take shape in the molding area, generating waste EPS beads with impurities, which are stored and then, eliminated to the Reque dump causing a serious environmental impact, because they are not biodegradable. The waste beads, however, present industrial grease and paint stains could be reused in the process described prior to treatment. Therefore the present research proposes a waste treatment system in the molding area, for its reentry to the process. The characterization of the residue was carried out by means of physical tests for the determination of the bulk density, humidity and physical appearance, obtaining as a result that the characteristics of the dry residue meet the requirements of the virgin raw material. A decision diagram was also applied for treatment selection and the weighted factor method was applied for the selection of the input, resulting in washing with industrial detergent. Based on the method chosen, the treatment system was designed and the cost benefit analysis was performed, where energy, water, and other costs were calculated, as well as sales of products, transportation and fines, with a profit of 0,43 for each inverted sun.

Key words: Expanded Polystyrene, industrial detergent, molding area, treatment of waste.

CONTENIDO DEL INFORME:

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
RESUMEN Y PALABRAS CLAVE	v
ABSTRACT AND KEY WORDS	vi
CONTENIDO DEL INFORME:	vii
I. INTRODUCCIÓN	15
II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA	17
2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA	17
2.2. FUNDAMENTOS TEORICOS	20
2.2.1. Residuos sólidos	20
2.2.2. Residuos sólidos industriales	20
2.2.3. Residuos industriales plásticos	20
2.2.4. Poliestireno (PS)	20
2.2.5. Poliestireno expandido (EPS)	20
2.2.6. Métodos de reciclado del EPS	25
2.2.7. Proceso de obtención del EPS	27
2.2.8. Método de factores ponderados	28
2.2.9. Método de Güerchet	29
2.2.10. Diagrama de decisión	30
2.2.11. RAL	30
III. RESULTADOS	32
3.1. CARACTERIZACIÓN DEL RESIDUO QUE SE GENERA EN EL ÁREA DE MOLDEO DE LA INDUSTRIA NACIONAL DE POLIESTIRENO S.A.C.	32
3.1.1. Perfil de la empresa	32
3.1.1.1. Ubicación	32
3.1.1.2. Organización de la empresa	32
3.1.1.3. Proceso de producción	33
3.1.1.4. Materia prima	38
3.1.1.5. Productos de la Industria Nacional del Poliestireno S.A.C.	39
3.1.1.6. Producción	41
3.1.1.7. Ventas	41
3.1.1.8. Residuos de la empresa	43
3.1.1.9. Recolección del Residuo	45

3.1.2. Diagnóstico del residuo _____	45
3.1.2.1. Caracterización del residuo del área de moldeo _____	45
3.1.2.2. Aspecto físico del material de EPS extraído del área de moldeo _____	47
3.1.2.3. Cuantificación del residuo del área de moldeo de acuerdo a la producción _____	47
3.2. IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO DEL RESIDUO EN LA INDUSTRIA NACIONAL DE POLIESTIRENO S.A.C. PARA SU REINGRESO AL PROCESO _____	51
3.2.1. Análisis preliminar del sistema de la empresa Industria Nacional del Poliestireno S.A.C. _____	51
3.2.1.1. Áreas de la empresa _____	51
3.2.1.2. Disponibilidad de maquinaria e insumos _____	53
3.2.1.3. Disponibilidad de mano de obra _____	53
3.2.1.4. Diagrama de recorrido de los procesos de la Industria Nacional del Poliestireno S.A.C. _____	53
3.2.2. Evaluación de alternativas de tratamiento del residuo del área de moldeo _____	58
3.2.2.1. Diagrama de decisión _____	58
3.2.2.2. Selección del sistema de tratamiento _____	61
3.2.2.3. Análisis experimental para el lavado del residuo del área de moldeo _____	66
3.2.2.4. Caracterización de las pruebas de lavado _____	74
3.2.2.5. Elección de la sustancia de lavado del residuo del área de moldeo _____	75
3.2.2.6. Elección de ubicación de área para el sistema de tratamiento de residuos del área de moldeo _____	78
3.2.2.7. Propuesta de redistribución del plano para ubicación de las maquinarias del área de moldeo _____	78
3.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS DEL ÁREA DE MOLDEO PARA SU REINGRESO AL PROCESO _____	81
3.3.1. Descripción del proceso de tratamiento _____	81
3.3.2. Diagrama de flujo _____	82
3.3.3. Diagrama de análisis de proceso _____	82
3.3.4. Diagrama de recorrido _____	83
3.3.5. Maquinaria e insumos para el tratamiento _____	85
3.3.5.1. Máquina de lavado: _____	85
3.3.5.2. Mallas para la canaleta: _____	85
3.3.5.3. Recipiente de recepción: _____	88
3.3.5.4. Detergente industrial: _____	89
3.3.5.5. Recipiente de lavado: _____	90
3.3.5.6. Recipiente para secado: _____	90

3.3.6. Localización de área	90
3.3.6.1. Identificación del volumen del residuo	90
3.3.6.2. Determinación del espacio ocupado por cada maquinaria	91
3.4. ANALISIS COSTO-BENEFICIO DE LA PROPUESTA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS.	93
3.4.1. Costos	93
3.4.1.1. Costo de electricidad	94
3.4.1.2. Costo de agua	94
3.4.1.3. Costo de maquinaria e insumos	94
3.4.1.4. Costo de producción	94
3.4.1.5. Costo de construcción de canaleta	94
3.4.2. Beneficio	97
3.4.2.1. Beneficio por producción	98
3.4.2.2. Beneficio en transporte	98
3.4.2.3. Beneficio por ahorro de multa	98
3.4.3. Cálculo de costo beneficio	99
IV. CONCLUSIONES	100
IV. RECOMENDACIONES	101
VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	102

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Cualidades del poliestireno expandido (EPS)	21
Tabla 2. Propiedades físicas del poliestireno expandido (EPS)	22
Tabla 3. Propiedades químicas del poliestireno expandido (EPS)	23
Tabla 4. Rango de enumeración de la carta de colores RAL	31
Tabla 5. Resumen de actividades DAP línea 1	35
Tabla 6. Tipos de materia prima	38
Tabla 7. Características físicas de materia prima	38
Tabla 8. Medidas de casetones DIPROPOR	39
Tabla 9. Medidas de planchas DIPROPOR	40
Tabla 10. Medidas de bovedillas DIPROPOR	40
Tabla 11. Medidas de las cajas	41
Tabla 12. Producción promedio por producto	42
Tabla 13. Ventas cajas de EPS	42
Tabla 14. Cantidad de residuos del área de moldeo	44
Tabla 15. Densidad y humedad del EPS virgen	46
Tabla 16. Densidad y humedad del EPS seco	46
Tabla 17. Densidad y humedad del EPS húmedo	47
Tabla 18. Aspecto de la muestra de EPS virgen	47
Tabla 19. Aspecto físico de la muestra de la muestra de EPS seco	48
Tabla 20. Aspecto físico del ensayo del residuo de EPS húmedo	48
Tabla 21. Data histórica de producción del área de moldeo de cajas por trimestre	49
Tabla 22. Producción pronosticada del área de moldeo de cajas por trimestre	50
Tabla 23. Máquinas de la Industria Nacional del Poliestireno S.A.C	54
Tabla 24. Dimensiones de máquinas de la cajas de la Nacional del Poliestireno S.A.C.	54
Tabla 25. Operarios según sus áreas de trabajo	55
Tabla 26. Evaluación de infraestructura para selección de tratamiento	62
Tabla 27. Evaluación de requerimiento de terreno para selección de tratamiento	63
Tabla 28. Evaluación de alternativas de tratamiento	64
Tabla 29. LMP para los efluentes de PTAR	65
Tabla 30. Aspecto físico del ensayo 1 por lavado con detergente industrial	67
Tabla 31. Aspecto físico del ensayo 2 por lavado con detergente industrial	67
Tabla 32. Aspecto físico del ensayo 3 por lavado con detergente industrial	67
Tabla 33. Aspecto físico del ensayo 4 por lavado con detergente industrial	68

Tabla 34. Aspecto físico del ensayo 5 por lavado con detergente industrial _____	68
Tabla 35. Aspecto físico del ensayo 1 por lavado con hidróxido de Sodio _____	69
Tabla 36. Aspecto físico del ensayo 2 por lavado con hidróxido de Sodio _____	69
Tabla 37. Aspecto físico del ensayo 3 por lavado con hidróxido de Sodio _____	69
Tabla 38. Aspecto físico del ensayo 4 por lavado con hidróxido de Sodio _____	69
Tabla 39. Aspecto físico del ensayo 5 por lavado con hidróxido de Sodio. _____	70
Tabla 40. Aspecto físico del ensayo 1 por lavado con peróxido de hidrógeno _____	71
Tabla 41. Aspecto físico del ensayo 2 por lavado con peróxido de hidrógeno _____	71
Tabla 42. Aspecto físico del ensayo 3 por lavado con peróxido de hidrógeno _____	71
Tabla 43. Aspecto físico del ensayo 4 por lavado con peróxido de hidrógeno _____	72
Tabla 44. Aspecto físico del ensayo 5 por lavado con peróxido de hidrógeno _____	72
Tabla 45. Aspecto físico del ensayo 1 por lavado con hipoclorito de sodio _____	73
Tabla 46. Aspecto físico del ensayo 2 por lavado con hipoclorito de sodio _____	73
Tabla 47. Aspecto físico del ensayo 3 por lavado con hipoclorito de sodio _____	73
Tabla 48. Aspecto físico del ensayo 4 por lavado con hipoclorito de sodio _____	74
Tabla 49. Aspecto físico del ensayo 5 por lavado con hipoclorito de sodio _____	74
Tabla 50. Caracterización de las pruebas de lavado EPS _____	75
Tabla 51. Ponderación para la elección de la sustancia más factible para el lavado del residuo del área de moldeo _____	76
Tabla 52. Elección de la sustancia más factible para el lavado del residuo del área de moldeo _____	77
Tabla 53. Resultados de método de factores ponderados _____	78
Tabla 54. Resumen de actividades DAP propuesta _____	82
Tabla 55. Ficha técnica la lavadora GEWA 3850 T PLUS _____	85
Tabla 56. Ficha técnica de mallas recolectoras _____	88
Tabla 57. Ficha técnica recipiente para lavado _____	89
Tabla 58. Ficha técnica del detergente industrial _____	90
Tabla 59. Determinación del volumen ocupado por el residuo _____	89
Tabla 60. Dimensiones de maquinaria del proceso de tratamiento _____	89
Tabla 61. Determinación del área total _____	90
Tabla 62. Determinación del costo por consumo de energía _____	93
Tabla 63. Determinación del costo por consumo de agua _____	94
Tabla 64. Determinación del costo de máquina de lavado _____	94
Tabla 65. Determinación del costo de insumos _____	95
Tabla 66. Determinación del costo de mano de obra _____	96
Tabla 67. Factores que intervienen para construcción de canaleta _____	97

Tabla 68. Costos de producción de residuo _____	97
Tabla 69. Beneficio por transporte de residuo _____	98
Tabla 70. Costo beneficio del proyecto _____	99
Tabla 71. Determinación de la densidad _____	117
Tabla 72. Determinación de humedad _____	122
Tabla 73. Determinación de la densidad aparente de las pruebas de lavado. _____	126
Tabla 74. Determinación de humedad _____	127

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Organigrama de la Industria Nacional de Poliestireno S.A.C. _____	32
Figura 2. Diagrama de flujo en bloques de la Industria Nacional de Poliestireno S.A.C., para las piezas de embalaje, bovedillas, casetones y planchas _____	34
Figura 3. Diagrama de análisis del proceso de la Industria Nacional de Poliestireno S.A.C., para las piezas de embalaje, bovedillas, casetones y planchas _____	35
Figura 4. Diagrama de flujo en bloques de la Industria Nacional de Poliestireno S.A.C., para las cajas y tapas _____	36
Figura 5. Diagrama de análisis de proceso de la Industria Nacional del Poliestireno S.A.C. para cajas y tapas _____	37
Figura 6. Determinación del coeficiente de correlación _____	37
Figura 7. Esquema general de selección de proceso de tratamiento _____	60
Figura 8. Diagrama de bloques, para el sistema de tratamiento de los residuos del área de moldeo _____	82
Figura 9. Diagrama de análisis de proceso, para el sistema de tratamiento de los residuos del área de moldeo _____	83
Figura 10. Planchas de EPS/Fachada _____	104
Figura 11. Planchas de EPS/Cubierta _____	104
Figura 12. Dimensión Casetón de EPS _____	104
Figura 13. Bovedilla de EPS _____	104
Figura 14. Producto en bloques _____	104
Figura 15. Caja térmica de EPS _____	104
Figura 16. Residuo de EPS por corte _____	105
Figura 17. Residuo de EPS por moldeo _____	105
Figura 18. Residuos del área de moldeo _____	107
Figura 19. Residuos de EPS virgen _____	107
Figura 20. Residuos de EPS seco _____	107
Figura 21. Residuos del EPS mojado _____	107
Figura 22. 200ml de EPS virgen _____	107
Figura 23. Placa petri _____	107
Figura 24. Pesado de EPS _____	107
Figura 25. 1g de EPS virgen _____	120
Figura 26. 1g de residuo de EPS seco _____	120
Figura 27. 1g de residuo de EPS húmedo _____	119
Figura 28. Secado de las muestras de EPS _____	119
Figura 29. EPS virgen, después de salir de la estufa _____	121

Figura 30. Residuo de EPS seco, después de salir de la estufa _____	121
Figura 31. Residuo de EPS húmedo, después de salir de la estufa _____	121
Figura 32. Procedimiento de lavado del residuo de EPS húmedo con detergente industrial _____	121
Figura 33. Lavado del residuo de EPS húmedo con peróxido de hidrogeno (Agua oxigenada) _____	125
Figura 34. Lavado del residuo de EPS húmedo con peróxido de hidrogeno (Agua oxigenada) _____	125
Figura 35. Lavado del residuo de EPS húmedo con hipoclorito de sodio (lejía) _____	125
Figura 36. Cotización de máquina GEWA 3850 T PLUS _____	128
Figura 37. Cotización de máquina de lavado químico MPA 1200 _____	129
Figura 38. Costo de intalacion de la máquina GEWA 3850 T PLUS _____	130
Figura 39. Distancia entre la empresa DIPROPOR y el botadero de Reque _____	131

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos tiempos a nivel mundial, la problemática ambiental ha escalado con el crecimiento demográfico, lo cual hace que diariamente se arrojen toneladas de residuos a las superficies terrestre y acuática, sin ningún tipo de tratamiento ni manejo previo, produciéndose una grave polución que implica consecuencias irreversibles. (Avendaño, 2015).

El Perú al igual que muchos países del mundo enfrenta problemas de contaminación por residuos y una de las causas principales es el crecimiento industrial. Las industrias arrojan residuos peligrosos que afectan la salud humana e impactan sobre el ambiente negativamente. Estos residuos pueden ser líquidos, sólidos o gaseosos.

La Industria Nacional de Poliestireno S.A.C. es una empresa que fabrica y comercializa materiales para construcción, comercio, y otros rubros. Tiene sedes en los departamentos Lima y Lambayeque. La empresa ubicada en el departamento de Lambayeque se dedica a elaborar productos hechos de poliestireno expandido (EPS), un material altamente reciclable.

La empresa cuenta con dos líneas de producción con procesos similares. En la primera línea de producción se elabora casetones, piezas de embalaje, bovedillas y planchas. El proceso inicia con la expansión de las perlas de poliestireno (materia prima) que es llevada a las máquinas moldeadoras, cuya función es convertirlas en bloques. Luego, se corta y se le da forma según el producto requerido. El residuo generado de esta línea cuenta con un sistema que lo reingresa al proceso de producción, después de su trituración.

En la segunda línea se elaboran cajas térmicas, su producción comienza con la expansión de las perlas de poliestireno (materia prima), luego se separa una parte de las perlas para agregarle pintura. Las perlas expandidas vírgenes son llevadas a las máquinas moldeadoras de cajas y las perlas pintadas a las máquinas moldeadoras de tapas. Los residuos generados en esta línea son perlas expandidas que caen al piso debido al llenado de cada máquina, pero son desechadas por presentar manchas de grasa industrial, tinte, impurezas, entre otros. Este residuo es recogido diariamente por el personal de limpieza y luego es almacenado en un recipiente, ubicado en el área de almacén de la empresa ocupando un espacio importante.

El residuo no contiene sustancias tóxicas por sí mismo, pero se encuentra mezclado con grasa lubricante, tinte y otras impurezas. Se almacena a temperatura ambiente en un área acondicionada para tal fin, el tiempo de almacenamiento es variable dependiendo del espacio con que se cuente y la disponibilidad de la unidad de transporte.

Luego que el residuo se haya acumulado, es llevado por un camión, que es propiedad de la Industria Nacional del Poliestireno S.A.C. hacia el botadero de Reque. Al año la empresa desecha más de 10 000 kg de residuos sólo del área de moldeo.

Es por ello que la empresa tiene que lidiar con los costos de almacenamiento y los que generan el trasladar el residuo, como son los costos de carga y descarga del EPS acumulado en bolsas grandes de polietileno, costo del combustible destinado para dicha actividad, entre otros costos. Pero el problema más grave, originado con el residuo desechado, es la contaminación del ambiente. Si el EPS es reciclable no es un material biodegradable, por lo que al eliminarse en el botadero de Reque, se está contribuyendo a la contaminación del suelo, aire y agua, además se conoce que en este lugar la basura se

quema sin control alguno, produciéndose gases tóxicos que atentan contra la salud de las personas.

Frente a este problema se propone el tratamiento de residuos para su reutilización en el área de moldeo, es por ello que se plantea ¿Un sistema de tratamiento de los residuos del área de moldeo en la Industria Nacional de Poliestireno S.A.C. permitirá su reingreso al proceso?, para ello, se ha formulado un objetivo general el cual es proponer un sistema de tratamiento de residuos del área de moldeo en la Industria Nacional de Poliestireno S.A.C. para su reingreso al proceso.

Para llegar a este objetivo se ha considerado caracterizar el residuo que se genera en el área de moldeo de la Industria Nacional de Poliestireno S.A.C., identificar y seleccionar el tratamiento del residuo en el área de moldeo de la Industria Nacional de Poliestireno S.A.C. para su reingreso al proceso; diseñar el sistema de tratamiento de residuos del área de moldeo para su reingreso al proceso y realizar el estudio costo-beneficio de la propuesta del sistema tratamiento de residuos.

La presente investigación propone un método que pueda realizar la empresa para aprovechar y disminuir los residuos en la Industria Nacional de Poliestireno S.A.C. aplicando los conocimientos obtenidos a lo largo de la carrera, lo cual conlleva a utilizar menos recursos, logrando así una alta competitividad en el mercado.

II. MARCO DE REFERENCIA DEL PROBLEMA

2.1. ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

López D. et al. 2014, en su investigación *Tratamiento de residuos de poliestireno expandido utilizando solventes verdes*. Colombia: Universidad Pontificia Bolivariana, realizaron el tratamiento de residuos de poliestireno expandido utilizando solventes verdes. Inicialmente se trituraron los residuos de EPS y se mezclaron con d-limoneno en un baño maría en las proporciones 20:3; 5:1; 4:1 con agitación 250; 280; 310 rpm respectivamente, con porcentaje de mezcla solvente verde - poliestireno, obteniéndose diferentes soluciones que fueron analizadas cualitativamente mediante espectroscopia infrarroja. Posteriormente, se planteó una matriz de diseño factorial 23 para evaluar el efecto de la temperatura (30-80 °C), agitación (310-500 rpm) y porcentaje de mezcla (40-80 %) sobre la reducción del volumen ocupado por los residuos de EPS en el tratamiento con solventes verdes. Las muestras obtenidas fueron analizadas por espectroscopia con transformadas de fourier (FTIR), la cual visualiza las moléculas y analiza la degradación en la solución. Finalmente, se propuso un layout de una máquina con la que se busca tratar los residuos de poliestireno expandido en los puntos primarios de generación de desechos, concluyéndose que para el tratamiento de desechos de poliestireno expandido la mejor opción es empleó d-limoneno, debido a su demanda como disolvente biodegradable industrial, teniendo aplicaciones como componente aromático, desengrasante natural y es ampliamente usado para sintetizar nuevos compuestos.

Carrillo B. et al. 2013, en su investigación *Aprovechamiento de nuevos productos en base a poliestireno expandido recuperado*. Medellín: Colombiana de Materiales, evaluaron propuestas que ayuden a resolver el problema del acumulamiento de desechos de poliestireno expandido (EPS), proveniente en su mayoría, del embalaje de productos electrodomésticos. La implementación de este tipo de soluciones ayuda a disminuir el acumulamiento innecesario de EPS en los rellenos sanitarios; reutilizándolo en nuevas aplicaciones o reciclándose en nuevos productos, demostrando el potencial que este material de desecho tiene para ser aprovechado, evitando así que termine en rellenos sanitarios, desaprovechándose oportunidades de mejoras ecológicas y beneficios económicos. El EPSr en bloque, de diferentes formas en buenas condiciones (limpio), fue molido en un equipo de cuchillas radiales, utilizando una malla con orificios de 3 mm, obteniendo trocitos de forma irregular de entre 3 y 2 mm. Este material fue utilizado para relleno de muebles suaves, buscando reemplazar las perlitas vírgenes que se fabrican para ese fin, entre otros. Adicionalmente sirvió para formular una resina en base a limoneno, aceite extraído de la cáscara de limón, producido industrialmente. El resultado a tensión muestra un incremento significativo en la resistencia del papel a diferente fracción peso de resina aplicada en tres diferentes grupos (12%, 16% y 20% de resina). Este método permite la reducción del volumen de basura tirado en medio ambiente, ahorro de energía y la disminución de la exigencia del uso de los recursos naturales. Este trabajo reciclado de poliestireno expandido a través de fusiones y/o disolución de disolventes para la producción de tableros de circuitos integrados. El material obtenido se comparará con phenolite, utilizado tradicionalmente. El método que utiliza la disolución produce materiales muy frágiles, resultando que gracias a este método que utiliza fusión no mostró la formación de huecos ni aumentó la fragilidad del

material. Por lo que el poliestireno reciclado presenta un valor de resistencia significativamente menor que para el phenolite.

Rivera Pineda A. 2011, en su tesis de postgrado *Estudio de alternativas para el aprovechamiento del icopor en Bogotá por medio del reciclaje*. Colombia, evaluó las alternativas para reducir y minimizar el impacto ambiental generado por el icopor posconsumo del centro de Alta Tecnología de Unilago de Bogotá para determinar la cantidad de icopor posconsumo generado, identificar las tecnologías disponibles para el aprovechamiento del icopor posconsumo y seleccionar la mejor alternativa de última tecnología para el aprovechamiento del icopor posconsumo. Para poder determinar la mejor alternativa que permita reducir el impacto ambiental se recopiló toda la información real del Centro de Alta Tecnología de Unilago de Bogotá, mediante la técnica de entrevista estructurada, luego se identificó las tecnologías disponibles para el aprovechamiento del icopor posconsumo, describiendo la maquinaria necesaria para su transformación. Luego se seleccionó la mejor alternativa de última tecnología para el aprovechamiento del icopor posconsumo, basados en un análisis técnico, económico y ajustado a las necesidades puntuales del estudio, con una relación costo-beneficio. Concluyéndose que para reciclar no sólo se le está dando aprovechamiento a un residuo sólido, sino que se está evitando su llegada a los rellenos sanitarios, lo que se traduce en aumento de vida útil de dichos rellenos, y más aún en el peor de los casos siendo quemado a cielo abierto emitiendo contaminantes a la atmósfera, o disponiéndose inadecuadamente, llegando a parar a fuentes hídricas. También se identificó la tecnología que más conviene para darle aprovechamiento a la cantidad de icopor posconsumo generado en el Centro de Alta Tecnología. La maquinaria seleccionada que mejor se adecúa a la cantidad de EPS generado en el Centro de Alta de Tecnología es el sistema KMB mini reciclaje, el cual integra un pretriturador, una unidad de separación de polvo con su respectivo compactador de polvo, y una unidad de mezcla que garantiza obtener una característica homogénea al momento de llegar al dispositivo que lo llevará para ser convertido en bloques, los cuales pueden ser utilizados en el aligeramiento de placas en la industria civil.

Bouchenneau N. et al. 2010, en su investigación *Análisis de Absorción de agua de dos polímeros expandidos: Módulo de flotabilidad en el desarrollo de un submarino mini-robo*, evaluaron la absorción de agua en dos de los polímeros expandidos (poliuretano y poliestireno), en varios ambientes acuosos (agua de mar y agua destilada), los cuales son bastante competitivos para su uso como material de flotabilidad, debido a su baja densidad. Los materiales probados constituyen dos espumas poliestireno (EPS) y poliuretano expandido (PU). En condiciones de funcionamiento, el flotador estará expuesto a diferentes condiciones ambientales, por lo que se realizó pruebas de absorción de agua dulce y agua de mar en diversas condiciones físico-químicas del medio acuoso con el fin para estudiar las propiedades cinéticas y la absorción de cada material. Para estudiar la absorción de agua en los materiales se realizó una prueba gravimétrica aplicada por el monitoreo de evoluciones de las masas de las muestras sumergidas. A lo largo de la prueba el aumento de la masa de cada muestra se calculado a partir del peso de la muestra inicial con respecto a la masa de la muestra medida en el momento de que esta masa de agua absorbida un determinado tiempo se relaciona con concentración de agua presente dentro del material. Los estudios revelaron que el poliuretano ha sido objeto de una importante pérdida de material debido a la manipulación durante las pruebas de absorción. La influencia del medio acuoso también era bastante notable a este material, que mostró una mayor tasa de absorción en pruebas

con agua destilada en comparación con el uso de ensayos de agua de mar. Los resultados de la prueba mostraron que el mejor material para ser utilizado como módulo de flotabilidad robot submarino es el poliestireno expandido, para este material no mostró una degradación notable y pérdida de material durante las pruebas absorción.

Samper M.D. et al. 2009, en su artículo científico *Reducción y caracterización del residuo de poliestireno expandido*, estudiaron las características del EPS para comprobar si se puede introducir en procesos de producción. La metodología consistió en usar un sistema de cilindros para generar la desgasificación del material por contacto de dos cilindros giratorios a 110 °C. El proceso se produce con mucha rapidez y se forma un residuo mecánico que debe triturarse en un molino normal para su posterior reutilización. El triturado puede ser reutilizado directamente en los procesos normales de extrusión e inyección de termoplásticos. Por lo que se demuestra mediante ensayos térmicos e infrarrojos que el material no había sufrido degradación en el proceso de recuperación y que las características térmicas son mejores que las del material virgen, por lo que un ensayo de tracción mostró que ambos materiales tenían un comportamiento mecánico similar (material virgen y material recuperado). Debido a los resultados obtenidos el poliestireno recuperado puede sustituir o acompañar al material virgen en algunos procesos productivos, disminuyendo el coste de los productos obtenidos ya que el material recuperado tiene un coste inferior.

2.2. FUNDAMENTOS TEORICOS

2.2.1. Residuos sólidos

Según al artículo 14 de la Ley General de Residuos Sólidos, son aquellas sustancias, productos o subproductos en estado sólido o semisólido generados por una actividad productiva o de consumo, o está obligado a disponer, en virtud de lo establecido en la normatividad nacional o de los riesgos que causan a la salud y el ambiente, de los que hay que desprenderse por no ser de utilidad para quien los generó.

2.2.2. Residuos sólidos industriales

Con las diversas actividades en la industria se generan distintos tipos de residuos, que comúnmente se encuentran como lodos, cenizas, desechos metálicos, vidrios, plásticos, papel, cartón, madera, fibras, etc; los que a su vez, están mezclados con sustancias alcalinas o ácidas, aceites pesados, entre otros; comprendiendo, normalmente, los residuos considerados peligrosos.

2.2.3. Residuos industriales plásticos

Estos residuos por lo general no son biodegradables pero si reciclables, sin separar variedades, entre ellos tenemos:

- Poliestireno expandido
- Polipropileno
- Polietileno de alta densidad
- Polietileno de baja densidad
- Policloruro de Vinilo, entre otros.

(Molina y Cardona, 2013)

2.2.4. Poliestireno (PS)

El poliestireno es un polímero termoplástico, derivado de los hidrocarburos (gas o petróleo), la gran variedad de tipos que existen, lo convierten en un material muy versátil, y fácilmente moldeable a través de los procesos de inyección, soplado, termo formado o extrusión, apropiado para un amplio número de aplicaciones. Es bastante resistente a los álcalis, haluros de ácido, a los agentes oxidantes y reductores. (Molina y Cardona, 2013)

2.2.5. Poliestireno expandido (EPS)

El poliestireno expandido se define técnicamente como un "Material plástico celular y rígido fabricado a partir del moldeo de perlas pre expandidas de poliestireno expandible que presenta una estructura celular cerrada y rellena de aire". (ANAPE, 2013)

La abreviatura EPS deriva del inglés Expanded Poly Styrene. Este material es conocido también como durapax, telgopor, porexpan, poliexpan, styropor, tecnopor o Corcho Blanco.

Las ventajas del uso de este material son muchas, lo cual hace que tenga un sin número de cualidades. Algunas de ellas se presentan en la tabla 1.

Tabla 1. Cualidades del poliestireno expandido (EPS)

CUALIDADES	DESCRIPCIÓN
Liviano	Contiene hasta un 98% aproximadamente de aire, por lo que su peso es menor.
Estanqueidad	Está formado por celdillas cerradas llenas de aire estancado en su interior.
Aislante térmico	El material básico es de escasa conductividad térmica.
Atenuador acústico	Posee una eficacia absorbente de sonido.
Buena elasticidad	Posee gran poder amortiguante.
Resistencia al envejecimiento	Resistencia a hongos o bacterias de putrefacción.
Estabilidad dimensional	A lo largo del tiempo.
Ecológico	No tóxico, inocuo, neutro (se utiliza en alimentación), 100% reciclable.
Difícil inflamabilidad	Aporta una reducidísima carga de fuego por su baja densidad (sólo 2% de plástico).

Fuente: Arriola y Velásquez, 2013

En la tabla 1 se muestra las cualidades del poliestireno expandido con su descripción respectiva.

2.2.5.1. Propiedades físicas, químicas y biológicas de EPS

a) Propiedades físicas

Conocer las propiedades físicas del EPS ayuda a tener un amplio criterio del material con el que se está trabajando, para poder determinar también si está en condición de resistir el tratamiento, buscando una alternativa para elegir el proceso de transformación que permita que no pierda sus propiedades. (Ver la tabla 2)

Tabla 2. Propiedades físicas del poliestireno expandido (EPS)

PROPIEDAD	DESCRIPCIÓN
Densidad	La aplicación las densidades en función de uso en el intervalo de 10 a 50 kg/m ³ .
Resistencia Mecánica	Las resistencias a los esfuerzos mecánicos se evalúan mediante las propiedades de: -Resistencia a la compresión para una deformación del 10%. -Resistencia a la flexión. -Resistencia a la tracción. -Resistencia a la cizalladura -Fluencia a compresión.
Color	El color natural del poliestireno expandido es blanco.
Comportamiento frente al agua	Si sumergimos el material completamente en agua los niveles de absorción son mínimos con valores oscilando entre el 1% y el 4% en volumen. Al contrario, sucede cuando está en vapor de agua ya que sí puede difundirse en el interior de la estructura celular del EPS cuando entre ambos lados del material se establece un gradiente de presiones y temperaturas.
Aislamiento Térmico	Los productos y materiales de poliestireno expandido presentan una excelente capacidad de aislamiento térmico frente al calor y al frío. Esta capacidad se debe a la propia estructura del material que esencialmente consiste en aire ocluido dentro de una estructura celular conformada por el poliestireno. Aproximadamente un 98% del volumen del material es aire y únicamente un 2% materia sólida (poliestireno). De todos es conocido que el aire en reposo es un excelente aislante térmico.
Comportamiento frente a factores atmosféricos	La radiación ultravioleta es prácticamente la única que reviste importancia. Bajo la acción prolongada de la luz UV, la superficie del EPS amarillea y se vuelve frágil, de manera que la lluvia y el viento logran erosionarla. Debido a que estos efectos sólo se muestran tras la exposición prolongada a la radiación UV, en el caso de las aplicaciones de envase y embalaje no es objeto de consideración.
Estabilidad frente a la temperatura	El rango de temperaturas en el que este material puede utilizarse con total seguridad sin que sus propiedades se vean afectadas no tiene limitación alguna por el extremo inferior (excepto las variaciones dimensionales por contracción). Con respecto al extremo superior el límite de temperaturas de uso se sitúa alrededor de los 100°C para acciones de corta duración, y alrededor de los 80°C para acciones continuadas y con el material sometido a una carga de 20 kPa.

Fuente: ANAPE, 2013

En la tabla 2 se describen de manera específica las propiedades físicas del poliestireno expandido.

b) Propiedades químicas

El poliestireno expandido es estable frente a muchos productos químicos. Si se utilizan adhesivos, pinturas disolventes y vapores concentrados de estos productos, hay que esperar cómo reacciona con estas sustancias. (Ver tabla 3)

Tabla 3. Propiedades químicas del poliestireno expandido (EPS)

SUSTANCIA ACTIVA	ESTABILIDAD
Solución salina/Agua de mar	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada.
Jabones y soluciones de tensioactivos	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada.
Lejías	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada.
Ácidos diluidos	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada.
Ácido clorhídrico (al 35%), ácido nítrico (al 50%)	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada.
Ácidos concentrados (sin agua) al 100%	No estable: el EPS se contrae o se disuelve.
Soluciones alcalinas	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada.
Disolventes orgánicos (acetona, ésteres, etc.)	No estable: el EPS se blanquea, contrae o se disuelve. (Dependiendo de la concentración del disolvente)
Aceite de parafina, vaselina	Relativamente estable: en una acción prolongada, el EPS puede contraerse o ser atacada su superficie.
Aceite de diesel	No estable: el EPS se contrae o se disuelve.
Carburantes	No estable: el EPS se contrae o se disuelve.
Alcoholes (metanol, etanol)	Estable: el EPS no se destruye con una acción prolongada.
Aceites de silicona	Relativamente estable: en una acción prolongada, el EPS puede contraerse o ser atacada su superficie.

Fuente: ANAPE, 2013

En la tabla 3 se especifica la reacción del EPS frente a diversos productos químicos.

c) Propiedades biológicas del EPS

El poliestireno expandido no constituye sustrato nutritivo alguno para los microorganismos. Es imputrescible, no enmohece y no se descompone. No obstante, en presencia de mucha suciedad el EPS puede hacer de portador de microorganismos, sin participar en el proceso biológico. Tampoco se ve atacado por las bacterias del suelo. Los productos de EPS cumplen con las exigencias sanitarias, con lo que pueden utilizarse con seguridad en la fabricación de artículos de embalaje de alimentos. (ANAPE, 2013)

2.2.5.2. Usos del poliestireno expandido

Para el uso de los productos y materiales hecho a base de poliestireno expandido EPS se da en distintos rubros, algunos de ellos se mencionarán a continuación.

- Línea de construcción: Planchas, Casetones, Bovedillas

a) Planchas:

• Fachadas

Las fachadas con planchas de EPS pueden rehabilitarse térmicamente por el interior, por el exterior y en caso de cámaras de aire accesibles relleno estas. Dejando aparte el relleno de cámaras de aire cuya técnica requiere de especialistas con experiencia, los muros que habitualmente forman la fachada provocan en el propietario la cuestión de cómo intervenir:

- Sufrir molestias de los trabajos en el interior y pérdida de espacio útil, pero mantener el aspecto exterior de la fachada; o modificar el aspecto exterior de la fachada. (Ver anexo 1). (DIPROPOR, 2014)

• Cubiertas

Las cubiertas de EPS se dividen en dos grandes grupos: planas e inclinadas. Las cubiertas planas pueden rehabilitarse térmicamente por el interior y por el exterior. Las cubiertas inclinadas pueden rehabilitarse térmicamente por el exterior y en caso de espacios bajo cubierta accesible, por el interior bajo el faldón o bien sobre forjado. (Ver anexo 1)

La intervención en este caso viene condicionada por otros trabajos a realizar sobre la cubierta, como:

- Reparación o renovación completa de la impermeabilización (operación muy común en las cubiertas planas)
- Renovación del tejado
- Reforma en el techo bajo cubierta
- Modificación del espacio bajo cubierta

(DIPROPOR, 2014)

b) Casetones

Los casetones de EPS son elementos que reemplazan a los tradicionales ladrillos de arcilla para techo; pudiendo ser utilizados en todo tipo de techo aligerados. Su principal característica la casi total ausencia de peso, comparado con los materiales tradicionales para este tipo de construcción. Así mismo tienen una serie de ventajas referentes a costos y versatilidad en sus diferentes aplicaciones en los procesos constructivos logrando alcanzar óptimos rendimientos. (Ver anexo 1) (DIPROPOR, 2014)

c) Bovedillas

El sistema es utilizado ampliamente para losas de entrepiso o azotea de casa de habitación, comercios, edificios de departamentos y oficinas, así como en construcciones industriales y almacenes. (Ver anexo 1) (DIPROPOR, 2014)

- Línea industrial: Cajas térmicas, Cajas Isotérmicas, Cajas para Laboratorios.

- **Cajas térmicas**

Cajas térmicas de poliestireno expandible sirven como un excelente escudo contra las excursiones de temperatura en el transporte de productos en cadena de frío. Mantienen el principio de estanqueidad en su interior evitando que el aire caliente del exterior ingrese al producto embalado, y que se fugue el aire frío; aumentando de esta manera la eficiencia de frío del embalaje. (DIPROPOR, 2014)

- **Cajas Isotérmicas**

Estas cajas permiten optimizar los costes logísticos para envíos de productos que requieren el mantenimiento de una temperatura controlada. Se pueden utilizar de forma independiente o en combinación con acumuladores de frío, en función de las necesidades de refrigeración. (DIPROPOR, 2014)

- **Cajas para Laboratorios**

Las cajas de EPS se utilizan para proteger los productos de laboratorio durante su distribución y de esta manera asegurar la cadena de frío. Favorece la amortiguación, protección, es un excelente aislante térmico es por el aire en reposo que posee el poliestireno expandido. (DIPROPOR, 2014)

- Línea de Empaque y Embalaje: Moldes

- **Moldes**

Los moldes de EPS son diseñados para amoldarse perfectamente a la forma del producto, combinando diversas opciones de espesores de pared, densidad y número de refuerzos, es posible con EPS proteger desde una delicada porcelana hasta una pesada caja fuerte. (Faprotec, 2016)

2.2.6. Métodos de reciclado del EPS

Para poder recuperar el EPS, depende de la naturaleza del residuo generado, es decir, residuos industriales, residuos de comercio y distribución, o residuos domésticos. Generalmente se pueden considerar los presentados a continuación.

a) Reciclado mecánico

Consiste en la reducción de tamaño de sus desechos por métodos físicos de pulverización, compactación o densificación; para luego ser utilizado como materia prima en productos a base de EPS. De acuerdo a esto existen numerosas unidades de trituración teniendo cada equipo sus propias características idóneas para aplicaciones específicas. (Quiroz, 2015)

En el mercado existe una amplia variedad de fabricantes, sistemas de trituración y molienda según el tipo de material a tratar y las necesidades de reducción de tamaño. Pueden adaptar diversas configuraciones: Trituradora de rodillos, Molino de cuchillas, Molino de martillos. (Quintero, 2013)

En la industria es considerado como una técnica factible a gran escala, prácticamente limpia y de bajo costo.

b) Reciclaje químico

El reciclaje químico se basa en la solubilidad del material en diferentes solventes de acuerdo a su característica de polaridad usando un solvente con la misma característica, el poliestireno es un compuesto no polar, con lo cual se debe usar un solvente no polar para llegar a formar soluciones, dando buenas características y llegando a soluciones saturadas, para garantizar la solubilidad total del material. (Quintero, 2013)

c) Reciclaje por aglutinamiento

Proceso que consiste en precalentar las partículas de plástico en una cesta rotativa, para que al girar a altas velocidades se precalienten las partículas, minimizando volumen, pero consumiendo mucha energía. (Quintero, 2013)

d) Reciclaje por lavado

Los residuos de espuma de EPS antes de pasar al proceso de reciclaje, se someten primero a un control de selección. Cuando el EPS arriba a la planta de reciclaje generalmente, ya llega con una primera selección que se da en el lugar de acopio. Una segunda selección divide en espumas limpias y sucias. Ambos casos de residuos de EPS, los limpios y los contaminados pueden ser reciclados, pero los procesos son diferentes y es de suma importancia que se manejen por separado. Igualmente se selecciona teniendo en cuenta su densidad. Antes de que el EPS “sucio” sea reprocesado debe ser limpiado de contaminantes, lo que generalmente se realiza en tanques de lavado que contienen agua y detergentes. Finalmente, el EPS ya limpio está listo para su reciclaje. (IKOPORTEX, 2010)

Hay poca información acerca de procesos de lavado específicos para EPS, es por ello que los recicladores no se interesan por el material sucio y les parece engorroso y costoso someterlo a un proceso de limpieza. Una de las técnicas conocida de lavado ha sido desarrollada por Utah State University y la empresa The Recycling Professionals. Inc. en la cual el EPS es cortado en trozos grandes, después es enjuagado en una tina. Los restos de alimentos, papeles y otros contaminantes se depositan al fondo de la tina.

Luego se lava para retirar grasas y demás sustancias indeseables. Finalmente, el EPS ya limpio está listo para su reciclaje. (IKOPORTEX, 2010)

2.2.7. Proceso de obtención del EPS

El proceso de fabricación del Poliestireno Expandido o EPS según el proceso de producción de la empresa Empolime S.A. consta de las siguientes etapas:

- Preexpansión
- Reposo intermedio y estabilización
- Proceso de transformación
- Corte / Mecanizado

1. - PREEXPANSIÓN

La materia prima es introducida en unas máquinas denominadas preexpandidores. El proceso consiste en la expansión de la perla de poliestireno expandido mediante la aportación de vapor de agua. De esta forma, el agente expansivo que lleva la materia prima permite que ésta se expanda bajando por tanto su densidad aparente.

El control de la densidad se realiza mediante el control de distintos parámetros. En función de diversos parámetros como la temperatura y del tiempo de exposición la densidad aparente del material disminuye de unos 630 kg/m^3 a densidades que oscilan entre los $10 - 30 \text{ kg/m}^3$.

En el proceso de preexpansión, las perlas compactas de la materia prima se convierten en perlas de plástico celular con pequeñas celdillas cerradas que contienen aire en su interior.

2. - REPOSO INTERMEDIO Y ESTABILIZACIÓN

Cuando las partículas recién expandidas se enfrían se crea un vacío interior que es preciso compensar con la penetración de aire por difusión. Para ello, el material se deja reposar en silos ventilados durante un mínimo de 8 horas.

De este modo las perlas alcanzan una mayor estabilidad mecánica y mejoran su capacidad de expansión, lo que resulta ventajoso para la siguiente etapa de transformación. Dependiendo de la densidad aparente del poliestireno expandido a transformar, puede someterse la materia prima preexpandida a una segunda preexpansión, o bien, directamente pasar al proceso de transformación propiamente dicho.

3. - PROCESO DE TRANSFORMACIÓN

Bloque

La perla preexpandida entra en un bloque en el que se ve sometida a un proceso de soldadura, que se consigue mediante su sometimiento a una aportación de vapor de agua durante un período que varía según el tipo de densidad aparente de la pieza a obtener, proceso realizado en una autoclave, después de un proceso de estabilización sale de la máquina un bloque

Moldeado

El moldeado es un proceso similar al del bloque, solo que éste se realiza en una máquina en la cual hay un molde con la forma concreta de la pieza que se va a fabricar. En este proceso el material se introduce en el molde y es soldado mediante aporte de calor.

4. - CORTE / MECANIZADO

Corte en recto

Los bloques de poliestireno expandido obtenidos pueden ser cortados en planchas como último paso del proceso de fabricación para dejar el material preparado para servir al consumidor. Dicho proceso se lleva a cabo mediante la utilización de una mesa de corte en tres dimensiones en la que hay dispuesto un sistema de hilos calientes que nos permiten hacer del bloque tantas planchas como sea posible de las medidas requeridas. El tamaño final de cada plancha puede ser ajustado para satisfacer las necesidades de los clientes.

Corte en formas

Cuando es necesario obtener formas más complicadas, el bloque es mecanizado en pantógrafos de control numérico, que permite realizar cortes en dos dimensiones.

2.2.8. Método de factores ponderados

Este método realiza un análisis semicuantitativo, en el que se compararán entre sí las diferentes alternativas para conseguir determinar una o varias localizaciones válidas. El objetivo del estudio no es buscar una localización óptima sino una o varias localizaciones aceptables. En cualquier caso, otros factores más subjetivos, como pueden ser las propias preferencias de la empresa a instalar, determinarán la localización definitiva. (Lee J. et al. 2000)

Procedimiento

Para la ponderación de factores se listará todos los factores de localización que sean importantes, analizando el nivel de importancia relativa de cada uno de ellos y se tendrá presente:

- ✚ Incidencia del factor sobre las operaciones de la planta.
- ✚ Importancia estratégica.
- ✚ Proyección de su relevancia en el tiempo.

Según los criterios dados se evaluarán la importancia relativa de cada factor con respecto a otro; para ello se utilizará una matriz de enfrentamiento, en la que:

- Se asignará un valor de 1 aquel factor más importante que el factor con el que se compara.
- Se asignará un valor de 0 aquel factor menos importante que el factor con el que se compara.
- En casos de importancia equivalente, ambos factores tendrán valor 1.

2.2.9. Método de Güerchet

Una planta debe ser lo suficientemente grande para poder realizar en ella las operaciones necesarias, esto en el aspecto técnico. Sin embargo, tomando en consideración los sentimientos del trabajador, se deben tener presente que el área de trabajo, es donde el trabajador pasa su tiempo, por lo que el ambiente debe acondicionarse para que le brinde comodidad y seguridad, con esto se logrará un rendimiento productivo y estable.

Desde el aspecto técnico existen áreas definidas que deben respetarse en la distribución. El método para determinar las superficies o espacios requeridos se conoce como el Método de Güerchet:

- Área Estática (Ss)

Es la superficie donde se colocan los objetos que no tienen movimiento como máquinas, equipos y muebles.

$$Ss = L * A \dots 1$$

Donde:

L=largo

A= ancho

- Área de Gravitación (Sg)

Es el espacio que necesita el operario para atender su máquina.

$$Sg = Ss * N \dots 2$$

Donde: N = número de lados de la máquina a usar.

- **Área de Evolución (Se)**

Es el espacio que necesitan los elementos móviles del proceso para su desplazamiento.

$$Se = (Ss + Sg) * K \dots 3$$

Donde: K = constante propia del proceso productivo.

$$K = H / 2h \dots 4$$

Donde: H = altura promedio de elementos que se desplazan en planta.

h = altura promedio de elementos que permanecen fijos.

- **Área Total (St)**

Es la suma de las áreas estáticas, de gravitación y de evolución.

$$St = Ss + Sg + Se \dots 5$$

2.2.10. Diagrama de decisión

El diagrama de proceso de decisión muestra el grado de complejidad en el alcance de un proyecto u objetivo poniendo de manifiesto posibles dificultades, facilitando la planificación y permitiendo elaborar alternativas a las dificultades que puedan surgir, en la trayectoria establecida. Permite analizar las fases a desarrollar para la consecución de un objetivo, identificando potenciales contingencias no deseadas y estableciendo contramedidas específicas para contrarrestar dichas contingencias. Esta herramienta preventiva y proactiva que es utilizada para formular los pasos necesarios para completar un proyecto, anticipar los problemas potenciales para diseñar respuestas adecuadas para afrontarlos. (Bernal, D. P. et al, 2002)

2.2.11. RAL

Es un código que define un color mediante un conjunto de dígitos. Fue definido por el Deutsches Institut für Gütesicherung und Kennzeichnung en Alemania el año 1927. El acrónimo RAL proviene de "Reichsausschuß für Lieferbedingungen und Gütesicherung, lo cual se traduce como "Comité Estatal para plazos de entrega y garantía de calidad". Los códigos se definen mediante 4 dígitos, el primero de los cuales define el rango de color.

La mayoría de los colores en ella se utilizan en señales de alerta y señales de tránsito, o están dedicados a agencias gubernamentales y los servicios públicos; como RAL 1004 (Servicio Postal Suizo), RAL 1021 (Servicio de Correos de Austria), RAL 1032 (Servicio Postal Alemán). (RAL, 2015)

A continuación se presenta el sistema en que se enumera la carta de colores.

Tabla 4. Rango de enumeración de la carta de colores RAL

Rango	Nombre del rango
RAL 1xxx	Amarillo
RAL 2xxx	Naranja
RAL 3xxx	Rojo
RAL 4xxx	Violeta
RAL 5xxx	Azul
RAL 6xxx	Verde
RAL 7xxx	Gris
RAL 8xxx	Marrón
RAL 9xxx	Blanco/Negro

Fuente: RAL, 2015

En la tabla 4 se presenta el sistema con el que se enumera la carta de colores, que nos señala que el primer dígito se refiere al tono del color.

III. RESULTADOS

3.1. CARACTERIZACIÓN DEL RESIDUO QUE SE GENERA EN EL ÁREA DE MOLDEO DE LA INDUSTRIA NACIONAL DE POLIESTIRENO S.A.C.

3.1.1. Perfil de la empresa

La Industria Nacional del Poliestireno S.A.C. denominada DIPROPOR según la SUNAT, es una empresa industrial y comercializadora de poliestireno expandido (EPS), material que se usa para construcción, comercio, industria y otros rubros. La empresa fue comprada por MC Kapital (Marsano-Conroy) en el mes de marzo del año 2014, pero ya venía operando más de 20 años en este negocio. Esta empresa está en plena expansión y con capital fresco del grupo, pertenece al de sector fabricación.

3.1.1.1. Ubicación

La empresa que se encuentra ubicada en Manzana C lote 23 en el parque industrial– en el distrito de Pimentel en el departamento de Lambayeque provincia de Chiclayo.

3.1.1.2. Organización de la empresa

La Industria Nacional de Poliestireno S.A.C. tiene como representante en Lambayeque al gerente zonal, quien coordina y dirige directamente con el área administrativa y el jefe de planta, quien está a cargo de las áreas de producción. A continuación se presenta en la figura 1 la estructura detallada de la empresa.

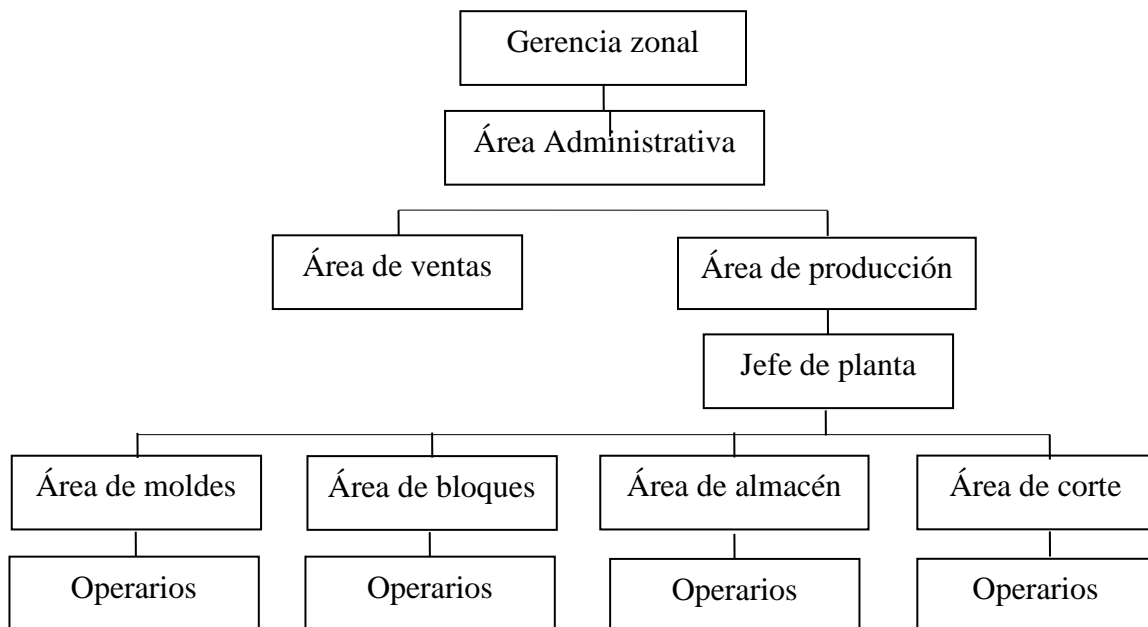


Figura 1. Organigrama de la Industria Nacional de Poliestireno S.A.C.

Fuente: DIPROPOR, 2014

En la figura 1 se muestra el organigrama de la empresa, en la que se puede apreciar sus diferentes áreas y los representantes de cada área.

3.1.1.3. Proceso de producción

La Industria Nacional de Poliestireno S.A.C. produce diferentes tipos de productos, los cuales son las piezas embalaje, bovedillas, casetones, planchas y cajas térmicas. Para la elaboración de los productos cuenta con dos líneas de producción con procesos similares.

A. Piezas de embalaje, bovedillas, casetones y planchas:

1ª etapa: Preexpansión

Empieza con la llegada de materia prima que es el poliestireno en forma de perlas, luego se introduce en una máquina llamada preexpansor, donde ocurre la expansión de la perla mediante la aportación de vapor de agua, de esta forma la perla se agranda.

2ª etapa: Reposo intermedio y estabilización

Posteriormente las perlas expandidas reposan en silos ventilados para que no se encojan, ni compriman. En el primer silo se estabiliza por 4 horas, en el segundo silo 2 horas y en el tercer silo 2 horas a temperatura ambiente.

3ª etapa: Proceso de transformación (Bloque)

Luego pasa a una máquina de bloques de posición horizontal y otra parte a una máquina de bloques de posición vertical. Como resultado de este proceso se forman bloques de EPS. (Ver anexo 2)

4ª etapa: Corte

Después llega al área de corte, donde se destina de acuerdo al pedido del día y se corta en base al producto requerido casetón, piezas de embalaje, bovedillas o planchas.

Finalmente el producto terminado se empaca, etiqueta y pasa al área de almacén para que se dé su respectiva venta. (Ver figura 2)

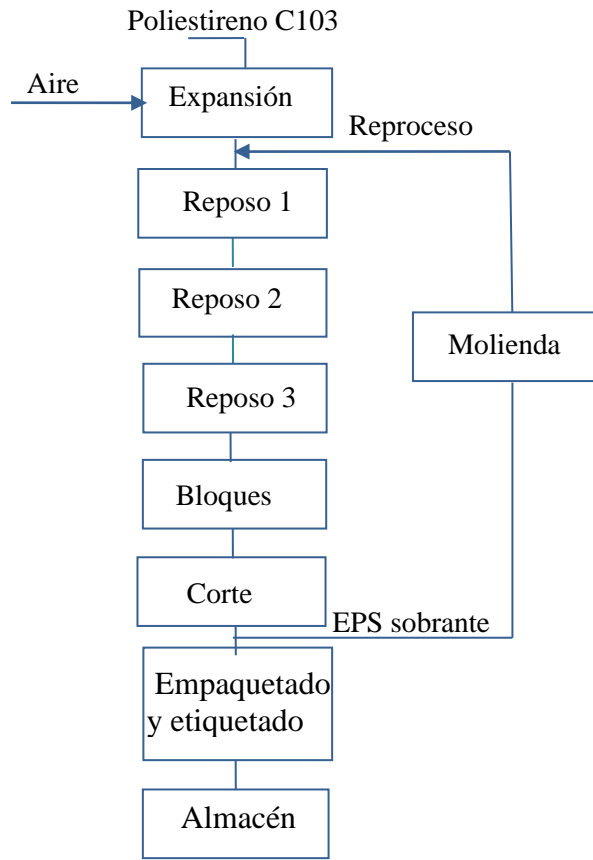


Figura 2. Diagrama de flujo en bloques de la Industria Nacional de Poliestireno S.A.C., para las piezas de embalaje, bovedillas, casetones y planchas

Fuente: DIPROPOR, 2014

En la figura 2 se representa un diagrama de flujo del proceso de producción de acuerdo a las etapas de elaboración para las piezas de embalaje, bovedillas, casetones y planchas.

Así mismo se presenta el Diagrama de análisis de procesos:

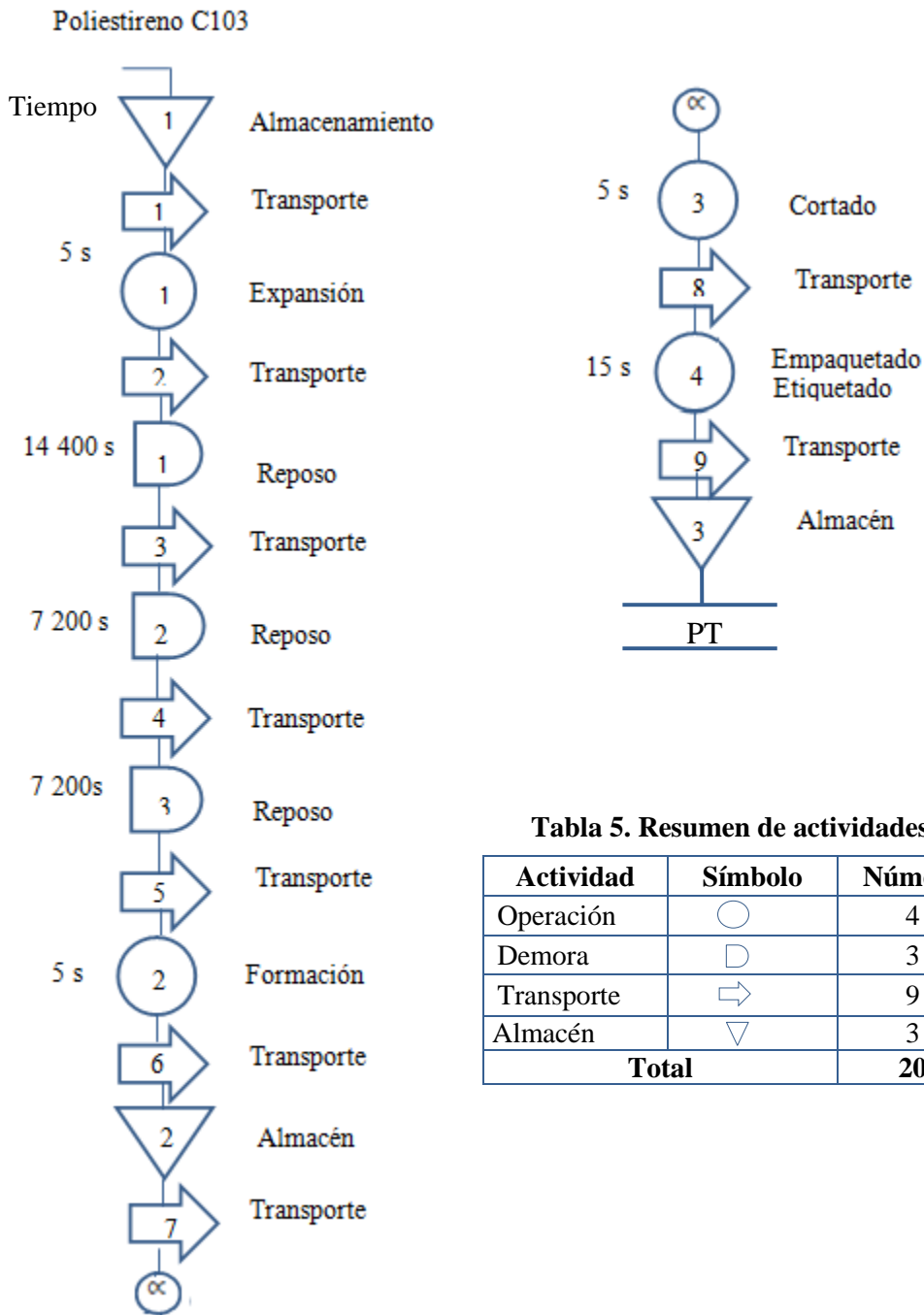


Figura 3. Diagrama de análisis del proceso de la Industria Nacional de Poliestireno S.A.C., para las piezas de embalaje, bovedillas, casetones y planchas

Fuente: DIPROPOR, 2014

En la figura 3 se muestra la representación gráfica de la secuencia de todas las operaciones, transportes, demoras y almacenamientos del proceso de producción de las piezas de embalaje, bovedillas, casetones y planchas.

B. Cajas y tapas

Para la elaboración de cajas se fabrican por separado las cajas y tapas.

1ª etapa: Preexpansión

Empieza con la llegada de materia prima que es el poliestireno en forma de perlas, luego se introduce en una máquina llamada preexpansor, donde ocurre la expansión de la perla mediante la aportación de vapor de agua, de esta forma la perla se agranda.

2ª etapa: Reposo intermedio y estabilización

Posteriormente las perlas expandidas reposan en un silo ventilado CT por 8 horas para alcanzar el volumen requerido a temperatura ambiente.

3ª etapa: Proceso de transformación (Moldeado)

Cumplido el tiempo la tercera parte de la materia prima se destina para la elaboración de tapas, por lo que tiene que pasar a un pintado (este pintado se realiza de acuerdo a los colores pedidos por el cliente). La otra parte sin pintar pasa a la elaboración de cajas. Después llega al área de moldeo donde las perlas pintadas se introducen en la máquina de tapas y de cajas, producto de este proceso se elabora las cajas de EPS. (Ver anexo 2)

4ª etapa: Empaquetado y etiquetado

Luego se empacan y etiquetan y pasan almacén para sus respectivas ventas. (Ver figura 4)

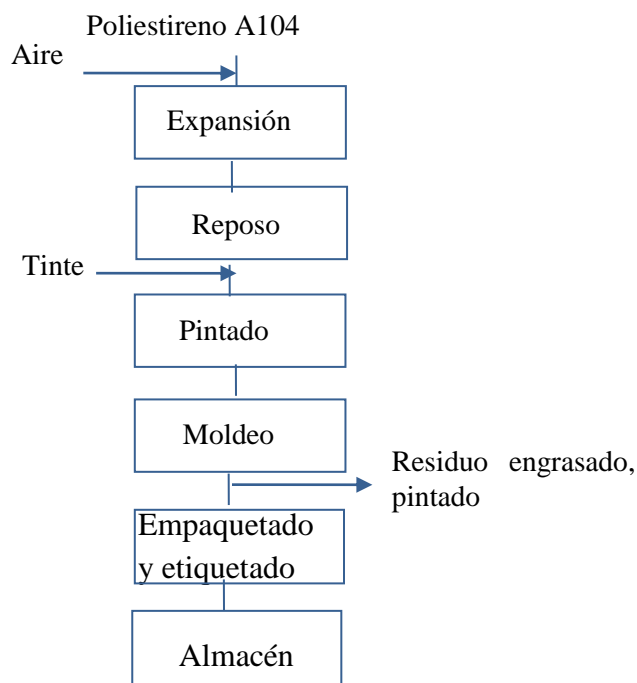


Figura 4. Diagrama de flujo en bloques de la Industria Nacional de Poliestireno S.A.C., para las cajas y tapas

Fuente: DIPROPOR, 2014

En la figura 4 se muestra el diagrama de flujo del proceso de producción de cajas y tapas de EPS.

Así mismo se presenta el Diagrama de análisis de procesos:

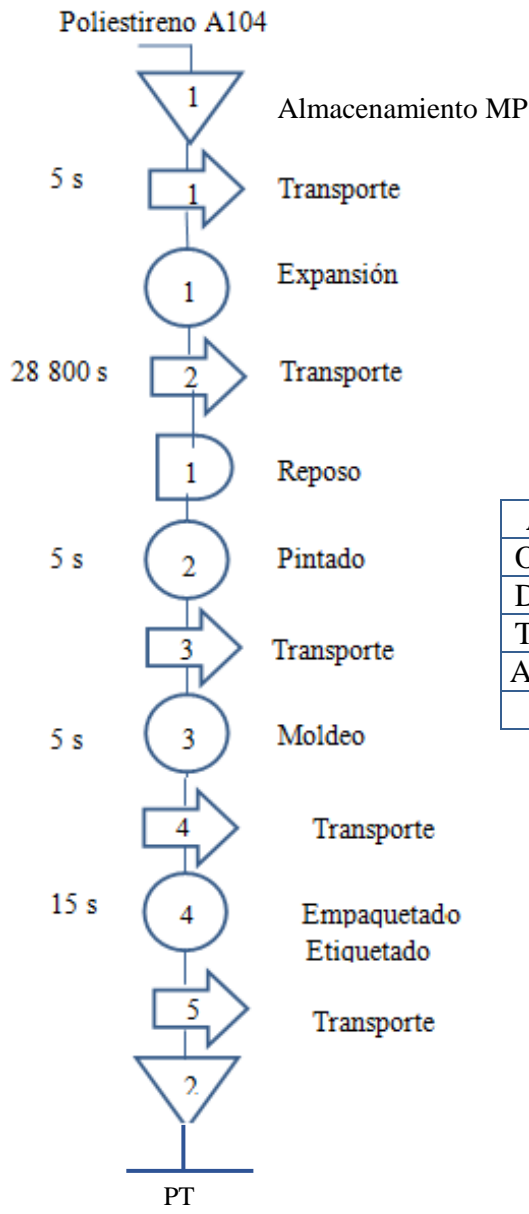


Tabla 6. Resumen de actividades DAP línea 2

Actividad	Símbolo	Número	Tiempo
Operación	○	4	30 s
Demora	□	3	28 800 s
Transporte	⇒	5	-
Almacén	▽	2	-
Total		14	28 825 s

Figura 5. Diagrama de análisis de proceso de la Industria Nacional del Poliestireno S.A.C. para cajas y tapas

Fuente: DIPROPOR, 2014

En la figura 5 se muestra la representación gráfica para de la secuencia de todas las operaciones, transportes, demoras y almacenamientos del proceso de producción de cajas y tapas de EPS.

3.1.1.4. Materia prima

Los productos que elabora la Industria Nacional de Poliestireno S.A.C. son hechos de poliestireno comprado de acuerdo a su densidad. Para las planchas, casetones, piezas de embalaje y bovedillas usan un tipo de materia prima y para las cajas y tapas utilizan otro, su diferencia física está en el tamaño de la perla. En la tabla 6, se indican los tipos de EPS usados.

Tabla 6. Tipos de materia prima

	MATERIA PRIMA	CÓDIGO	PRECIOS (soles/kg)	IMPORTADO
Bloques	Poliestireno	C103	7,64	China
Cajas	Poliestireno	A104	7,19	India

Fuente: DIPROPOR, 2014

En la tabla 6 se detalla los tipos de materia prima con los que la Industria Nacional del Poliestireno S.A.C. maneja para sus líneas de producción. Para la línea de productos en bloques con poliestireno C103 su precio es de 7,64 soles por cada kilogramo el cual es importado de China, y para la segunda línea de cajas de con poliestireno A104 su precio es de 7,19 soles por cada kilogramo y se importa de India, cabe resaltar que la presente investigación se focaliza en el uso de la materia prima A104.

La materia prima para todos los productos tiene las mismas propiedades ya que el poliestireno es un material ligero y rígido. Las perlas de EPS (poliestireno expandido) se moldean en formas apropiadas adaptadas a su aplicación, pero los códigos indican la diferencia en el tamaño y densidad. Ver tabla 7.

Tabla 7. Características físicas de materia prima

POLIESTIRENO	DIÁMETRO (m)	DENSIDAD (kg/m ³)
C103	0,0012 a 0,0016	10 a 12
A104	0,0 008 a 0,0 012	17 a 24

Fuente: DIPROPOR, 2014

En la tabla 7 se muestra las características físicas del poliestireno C103, el cual tiene un diámetro que varía de 0,0012 a 0,0016 metros y una densidad de 10 a 12 kg/m³ y para el poliestireno A104 tiene un diámetro de 0,0 008 a 0,0 012 metros y una densidad de 17 a 24 kg/m³.

3.1.1.5. Productos de la Industria Nacional del Poliestireno S.A.C.

Los productos que se fabrican en la sede Chiclayo de la Industria Nacional del Poliestireno S.A.C. se mencionan a continuación.

- **Casetones:** No cumplen ninguna función estructural (solo es un material de relleno), es por ello que los casetones o ladrillos DIPROPOR conllevan a tener una losa realmente ligera. La tendencia de las construcciones modernas, está dirigida a reducir costos sin dejar de lado el tema estructural, cambiando antiguas costumbres de elementos rígidos y pesados, por elementos livianos de mejor comportamiento antisísmico, dando lugar al uso del EPS que aligera cargas optimizando el uso de acero de refuerzo y del mismo concreto. (Ver tabla 8)

Tabla 8. Medidas de casetones DIPROPOR

MEDIDAS Ancho x Largo m	ESPESOR cm
0,8 x 0,30	1,2
0,10 x 0,30	1,2
0,12 x 0,30	2,4
0,12 x 0,30	1,2
0,15 x 0,30	1,2
0,15 x 0,30	1,2
0,15 x 0,30	1,2
0,15 x 0,30	1,2
0,15 x 0,55	0,55
0,13 x 0,60	0,60
0,10 x 0,40	1,20
0,20 x 0,30	2,40

Fuente: DIPROPOR, 2014.

En la tabla 8, se visualiza las medidas de los casetones o ladrillos de EPS especificada en largo por ancho en metros y espesor expresado en centímetros.

- **Planchas:** Utilizadas como aislante térmico o acústicos, es estable en sus propiedades aislantes, incluso en zonas de alta humedad. (Ver tabla 9)

Tabla 9. Medidas de planchas DIPROPOR

MEDIDAS Ancho x Largo m	ESPESOR cm
1,20 x 2,40	0,25
1,20 x 2,40	0,5
1,20 x 2,40	3,5
1,20 x 2,40	0,75
1,20 x 2,40	1
1,20 x 2,40	2,54
1,20 x 2,40	5,08
1,20 x 2,40	1,5
1,20 x 2,40	7,62
1,20 x 2,40	10,16
1,20 x 2,40	1,25

Fuente: DIPROPOR, 2014

En la tabla 9, se muestra las medidas con mayor demanda de las planchas de EPS especificada en largo por ancho en metros y espesor expresado en centímetro.

- **Bovedillas**

La Industria Nacional del Poliestireno S.A.C. elabora las bovedillas en forma de geometrías a medida según requerimiento. (Ver tabla 10)

Tabla 10. Medidas de bovedillas DIPROPOR

MEDIDAS Ancho x Largo m	ESPESOR cm
15 x 40	2
15x 50	2
015 x 60	2

Fuente: DIPROPOR, 2014

En la tabla 10 se muestra las medidas de bovedillas de EPS especificada en largo por ancho en metros y el espesor expresada en centímetros.

- **Piezas de embalaje**

Se utiliza ampliamente en el campo del envasado y embalado de una gran variedad de productos, esto es debido a sus propiedades entre las que destacan su alta capacidad de protección y de aislamiento térmico, así como su ligereza y facilidad de conformado.

Garantiza las máximas garantías de higiene y el mantenimiento de los niveles óptimos de protección térmica. Excelente comportamiento de amortiguación de impactos, además de una buena adaptabilidad de los envases y embalajes en electrodomésticos, componentes electrónicos, herramientas y muebles. Las matrices de empaque y embalajes (moldes) las brinda el cliente según el uso que requiere.

- **Cajas de EPS**

Son cajas especializadas para mantener la temperatura, fabricadas para el transporte de alimentos, medicina, embalaje, entre otros son. (Ver tabla 11)

Tabla 11. Medidas de las cajas

N° de cajas	Medida (m)
Caja 02	0,37 x 0,27 x 0,22
Caja 07	0,42 x 0,43 x 0,40
Caja 08	0,80 x 0,58 x 0,31
Caja 09	0,70 x 0,49 x 0,51
Caja 05	0,42 x 0,32 x 0,22
Caja 11	0,2 x 0,33 x 0,27
Caja 12	0,50 x 0,24 x 0,18
Caja 13	0,60 x 0,38 x 0,37
Caja 23	0,23 x 0,14 x 0,18
Caja 25	0,23 x 0,18 x 0,18
Caja 04	0,43 x 0,29 x 0,29

Fuente: DIPROPOR, 2014

En la tabla 11 se presenta la lista de medidas de cajas de EPS, las cuales están definidas en largo por ancho por espesor expresado en metros.

3.1.1.6. Producción

La producción en la Industria Nacional de Poliestireno S.A.C. es variable ya que la empresa trabaja a pedido, y de acuerdo a ello planifica su producción por producto. (Ver tabla 12)

Tabla 12. Producción promedio por producto

Productos	Producción promedio (und/día)
Cajas	436
Total	436

Fuente: DIPROPOR, 2014

En la tabla 12 se muestra la producción promedio de cajas que se fabrican al día, el dato fue brindado por la misma empresa.

3.1.1.7. Ventas

En las ventas anuales de cajas de EPS desde el año 2014 hasta el presente, se registra un volumen anual de ventas de 200 527 soles en el 2014, 232 239,6 soles en el 2015. (Ver tabla 13)

Tabla 13. Ventas cajas de EPS

Mes	Ventas (soles/mes)		
	2014	2015	2016
Enero	17 219	18 532,6	21 040
Febrero	16 543	20 023	19 100
Marzo	17 920	18 900	19 032
Abril	17 204	18 030	19 250
Mayo	18 010	21 332	20 600
Junio	18 435	18 570	19 900
Julio	18 016,2	18 950	-
Agosto	20 083	18 000	-
Septiembre	18 325	21 000	-
Octubre	18 345	19 902	-
Noviembre	18 659	18 500	-
Diciembre	19 784	20 500	-
Total	200 527,0	232 239,6	118 922

Fuente: DIPROPOR, 2014

En la tabla 13 indica las ventas de cajas de EPS y de acuerdo a los datos completos de tres años (enero a junio), indica que se vendió 105 331 soles en el 2014, 115 387,6 soles en el 2015 y 142 744 soles en el 2016, por lo que se puede observar que las ventas han aumentado con el tiempo.

3.1.1.8. Residuos de la empresa

De acuerdo a las líneas de producción de la Industria Nacional de Poliestireno S.A.C. en el área de moldeo se generan dos tipos de residuos de EPS, los cuales son residuos de bloques provenientes del área de corte que salen con diferentes tamaños en estado sólido (Ver anexo 3), el segundo tipo de residuo generado proviene del área de moldeo, el cual sale en forma de perlas. De los dos tipos de residuos mencionados el primero es aprovechable, y el segundo no se recupera debido a que la materia prima virgen de las cajas y tapas que ingresan a las máquinas moldeadoras salen con manchas de grasa, pintura y otras impurezas debido a que se impregnan en la parte exterior de las maquinarias, los operarios mojan el residuo para que las perlas caigan al suelo y se enfrié la máquina, por lo que se mezclan con los residuos de las tapas que están con tinte, debido a esto el residuo generado sale húmedo.(Ver anexo 3)

La empresa cuenta con 7 máquinas moldeadoras de cajas y 7 de tapas con diferentes tamaños. Estas tienen adherido unos cilindros hidráulicos que expulsan grasa, y el residuo resultante es manchado producto del proceso de moldeo. (Ver tabla 14)

Tabla 14. Cantidad de residuos del área de moldeo

Año	Mes	ÁREA DE MOLDEO			
		Cantidad MP que ingresa kg/mes	Total de producción kg/mes	Residuos	
				Kg/mes	%
2014	Enero	6 282	5 710	572	9
	Febrero	5 372	4 872,7	499,3	9
	Marzo	7 250	6 626,6	623,4	9
	Abril	6 130	5 460,6	669,4	11
	Mayo	7 282	6 586,9	695,1	10
	Junio	8 320	7 808	512	6
	Julio	7 560	6 869,23	690,77	9
	Agosto	9 190	8 205	985	11
	Septiembre	8 240	7 637	603	7
	Octubre	9 250	8 525	725	8
	Noviembre	8 500	7 691,3	808,7	10
	Diciembre	9 750	8 785	965	10
2015	Enero	8 344	7 553,2	790,8	9
	Febrero	10 932	9 893,8	1 038,2	9
	Marzo	8 941	8 044,8	896,2	10
	Abril	9 530	8 577,1	952,9	10
	Mayo	12 800	11 804,87	995,13	8
	Junio	9 400	8 406,44	993,56	11
	Julio	11 554	10 522	1 032	9
	Agosto	10 390	9 345	1 045	10
	Septiembre	10 980	9 960	1 020	9
	Octubre	10 203	9 160,1	1 042,9	10
	Noviembre	12 030	10 980	1 050	9
	Diciembre	11 192	10 092	1 100	10
2016	Enero	12 238	11 127	1 111	9
	Febrero	11 273	10 153	1 120	10
	Marzo	11 090	10 090	1 000	9
	Abril	12 931	11 581	1 350	10
	Mayo	10 254	9 223	1 031	10
	Junio	13 221	1 2330	891	7

Fuente: DIPROPOR, 2016

En la Tabla 14 se especifica la cantidad de residuos generados según los datos de la producción en peso, expresado en kg, de los últimos años, de los residuos del área de moldeo.

3.1.1.9. Recolección del Residuo

El residuo es recogido diariamente por el personal de limpieza y almacenado en un recipiente de plástico, el cual es puesto en el área de almacén de la empresa ocupando un espacio importante. Este residuo no contiene ninguna sustancia dañina para el entorno ya que solo es EPS mezclado con grasa lubricante, tinte y otras impurezas no tóxicas. (Ver anexo 4)

a) Condiciones físicas del residuo

Se observó que las condiciones físicas en las que se almacena el residuo de EPS del área de moldeo son:

- ✓ Temperatura ambiente.
- ✓ Tiempo de almacenamiento variable, ya que se da de acuerdo al volumen de producción de cajas y tapas, según el espacio que se tenga disponible.
- ✓ Un lugar seco.
- ✓ Un ambiente sin luz.

b) Transporte y destino final del residuo

El residuo es acumulado, según el espacio que se tenga y la disponibilidad de movilizarlo que por lo general demora un mes, es llevado por una unidad de transporte la cual es propiedad de la Industria Nacional del Poliestireno S.A.C. hacia el botadero Reque.

3.1.2. Diagnóstico del residuo

3.1.2.1. Caracterización del residuo del área de moldeo

En la caracterización del residuo de EPS primero se extrajeron 3 muestras de materiales de la Industria Nacional del Poliestireno S.A.C. con la finalidad de elaborar 5 ensayos por cada muestra para determinar la densidad y humedad de acuerdo a la norma brasilera de poliestireno expandido para aislación térmica – determinación de la masa específica aparente. (Ver anexo 5)

En la determinación de la humedad de cada muestra se realizó 5 ensayos de acuerdo a la norma brasilera de poliestireno expandido para aislación térmica – determinación de la absorción de agua por secado en estufa. (Ver anexo 6)

Se utilizó estas normas de prueba de EPS en estado de cuerpos pequeños, debido a que no se ha encontrado otra normativa que respalde el EPS en forma de perlas, considerándose que los procedimientos son los mismos debido al material del cuerpo en análisis. Se consideró extraer el EPS virgen para realizar una comparación de características con los residuos y comprobar que las muestras de residuos cumplen con los requisitos para ingresar al área de moldeo.

Muestra 1: 50 g de EPS virgen, tomado de la recepción de materia prima expandida. Se envasó en una bolsa hermética.

Muestra 2: Previamente homogeneizada. Se extrajo 50g de residuo EPS húmedo recién salido del proceso de moldeo de cajas térmicas y envasado en una bolsa hermética.

Ensayo 3: Previamente homogeneizada, se extrajo 50g de residuo EPS seco, el cual estaba almacenado para ser desechado, luego fue envasado en una bolsa hermética.

Posteriormente los ensayos fueron llevados al laboratorio de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo y al laboratorio de la empresa Industria Nacional del Poliestireno S.A.C., con la finalidad de poder examinar y determinar las características de cada muestra tomada, de tal manera que se pueda garantizar su estabilidad para ser procesada.

El procedimiento empleado en el presente estudio consiste en tomar el ensayo en base a la cantidad establecida por la norma NBR 11949 de la determinación de densidad aparente y NBR 7979 de la determinación de humedad, a mayor detalle del procedimiento empleado revisar el anexo 7.

Se realizaron 5 ensayos para determinar la densidad aparente y 5 ensayos para la humedad por cada muestra, el resultado se encuentra en la tabla 15, 16 y 17, en la cual se presenta el promedio de las características.

Tabla 15. Densidad y humedad del EPS virgen

Parámetro	Tipo de muestra	Valor	Unidad
Densidad aparente	EPS virgen	23,733	kg/m ³
Humedad		3,118	%

En la tabla 15 se muestra los resultados obtenidos del proceso de ensayo para la determinación de la densidad aparente y la humedad del EPS virgen.

Tabla 16. Densidad y humedad del EPS seco

Parámetro	Tipo de muestra	Valor	Unidad
Densidad aparente	Residuo EPS seco	17,731	kg/m ³
Humedad		3,214	%

En la tabla 16 se muestra los resultados obtenidos del proceso de ensayo para la determinación de la densidad aparente y la humedad del EPS seco.

Tabla 17. Densidad y humedad del EPS húmedo

Parámetro	Tipo de muestra	Valor	Unidad
Densidad aparente	Residuo de EPS húmedo	46,568	kg/m ³
Humedad		63,88	%

En la tabla 17 se muestra los resultados obtenidos del proceso de ensayo para la determinación de la densidad aparente y la humedad del EPS húmedo.

Para realizar el promedio obtenido se consideraron 5 ensayos los cuales se detallan en la tabla 71 para los promedios de la densidad aparente y en la tabla 72 para los promedios de la humedad de cada muestra, en el anexo 7.

En un estudio realizado por el departamento de Ingeniería Mecánica y Materiales de la Universidad Politécnica de Valencia sobre la reducción y caracterización del residuo de poliestireno expandido, se obtuvo que las características del residuo de EPS recuperado varían entre los 16 kg/m³ y 25 kg/m³, y la humedad entre el 1% y 4%. (Samper. et al, 2008)

De acuerdo a los ensayos por muestra, se realizó el procedimiento de su norma respectiva, por lo que resultó que la densidad del EPS virgen es 24,0 kg/m³, en comparación del residuo EPS seco que obtuvo 17,4 kg/m³, ambas muestras están dentro del rango establecido en la tabla 7, mientras el residuo de EPS húmedo no cumple con dichas características.

Con respecto a los ensayos de la humedad de cada muestra, el resultado del EPS virgen es el 3,1% y el EPS seco también es 3,1%, que sí cumple con dicha característica.

Lo que quiere decir que el residuo de EPS si podría ingresar al área de moldeo siempre y cuando esté seco.

3.1.2.2. Aspecto físico del material de EPS extraído del área de moldeo

Al escoger las muestras de EPS virgen, residuo de EPS seco y residuo de EPS húmedo, se observó el aspecto físico que tenía cada una, guiándose de una tabla de colores RAL del Comité estatal para plazos de entrega y garantía de calidad en Alemania.

Dichos colores mostraron una de las características de las muestras presentadas a continuación.

Tabla 18. Aspecto de la muestra de EPS virgen

Características	Descripción
Color	Blanco puro RAL 9010
Olor	Característico
Textura	Lisa
Presencia de impurezas	-

Como resultado de la elección de la muestra 1 se ha identificado que el color del EPS virgen es blanco puro, lo cual según RAL indica que es el color característico de la materia prima del EPS. Por otra parte su olor es característico a la materia prima recién procesada y su textura es lisa.

Tabla 19. Aspecto físico de la muestra de la muestra de EPS seco

Características	Descripción
Color	Diversos colores RAL (Blanco papiro 9018, rojo salmón 3022, azul pastel 5024, amarillo limón 1012)
Olor	Ligero a grasa industrial
Textura	Lisa
Presencia de impurezas	Tierra, cintas adhesivas, otros

Como resultado de la elección de la muestra 2 se identificó que el color del EPS seco el cual es de diversos colores ya que como ha sido recogido y ya pasado por un proceso de pintado es blanco papiro, rojo salmón, azul pastel, amarillo limón. Por otra parte su olor es ligero a grasa industrial, su textura es lisa y también tiene presencia de impurezas como tierra, cintas adhesivas, entre otros.

Tabla 20. Aspecto físico del ensayo del residuo de EPS húmedo

Características	Descripción
Color	Diversos colores RAL (Blanco papiro 9018, rojo salmón 3022, azul pastel 5025, amarillo limón 1012)
Olor	Moderado a grasa industrial
Textura	Lisa
Presencia de impurezas	Tierra, cintas adhesivas, otros

Como resultado de la elección de la muestra 3 del residuo húmedo se ha identificado que el color es de diversos colores blanco papiro, rojo salmón, azul pastel, amarillo limón, su olor es moderado a grasa industrial y su textura es lisa y también tiene presenta de cintas adhesivas, tierra, entre otros.

Al comparar las características de cada muestra extraída, se pudo apreciar que la textura fue la misma en cada una de ellas. En el residuo de EPS seco y húmedo su olor fue ligero a grasa industrial, con presencia de impurezas y diversos colores a comparación del EPS virgen que muestra un olor característico, color blanco puro y sin impurezas. Por lo tanto los resultados de las muestras, fueron que el residuo húmedo y seco tienen las mismas características físicas.

3.1.2.3. Cuantificación del residuo del área de moldeo de acuerdo a la producción

De acuerdo a los datos proporcionados en la tabla 14, en el cual se cuantificó el residuo por mes, se realizó una proyección de la producción.

La empresa inició en el año 2014 y los datos de producción fueron insuficientes para realizarlo anual, por lo que se decidió pronosticar por trimestre.

Tabla 21. Data histórica de producción del área de moldeo de cajas por trimestre

Trimestre	Total de producción kg/trimestre	Total de residuos kg/trimestre	% de residuo
1 ^{er} trimestre 2014	17 209,3	1 694,7	9,8
2 ^{do} trimestre 2014	19 855,5	1 876,5	9,5
3 ^{er} trimestre 2014	22 711,23	2 278,77	10,0
4 ^{to} trimestre 2014	25 001,3	2 498,7	10,0
1 ^{er} trimestre 2015	25 491,8	2 725,2	10,7
2 ^{do} trimestre 2015	28 788,41	2 941,59	10,2
3 ^{er} trimestre 2015	29 827	3 097	10,4
4 ^{to} trimestre 2015	30 232,1	3 192,9	10,6
1 ^{er} trimestre 2016	31 370	3 231	10,3
2 ^{do} trimestre 2016	33 134	3 272	9,9
PROMEDIO			10,1

Fuente: DIPROPOR, 2016

En la tabla 21 se presenta la data histórica separada por trimestre, en la que se puede observar que en promedio la empresa tiene residuos de 10,1% del total de producción en el área de moldeo.

Para la proyección de la demanda se aplicó el método de regresión lineal ya que la producción conforme pasa los trimestres va en aumento. Este método consiste en la “proyección y ajuste de una variable Y (desconocida) a partir de una variable conocida (X) que en este caso es el tiempo”. (Discovskiy, 2012)

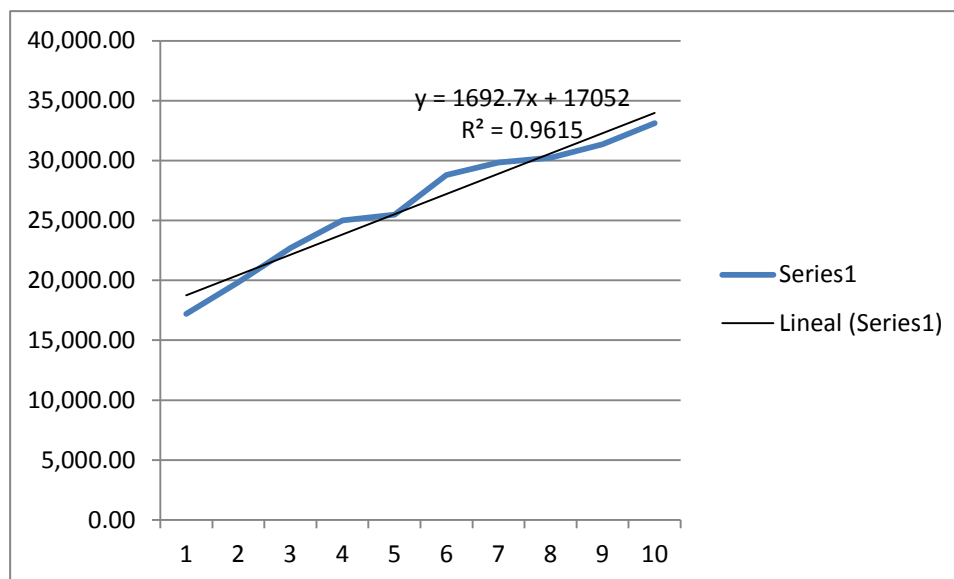


Figura 6. Determinación del coeficiente de correlación

En la figura 6 se observa que el valor de correlación es 0,9 que significa que “al estar cerca al valor de 1, el método elegido (regresión lineal) es el correcto”. (Discovski, 2012)

A continuación se muestra la data pronosticada: (Ver tabla 22)

Tabla 22. Producción pronosticada del área de moldeo de cajas por trimestre

Trimestre	Total de producción kg/trimestre	Total de residuos kg/trimestre	% de residuo
3 ^{er} trimestre 2016	35 672,13	3 531,89	10,1
4 ^{to} trimestre 2016	37 364,86	3 699,49	10,1
1 ^{er} trimestre 2017	39 057,60	3 867,09	10,1
2 ^{do} trimestre 2017	40 750,34	4 034,69	10,1
3 ^{er} trimestre 2017	42 443,08	4 202,29	10,1
4 ^{to} trimestre 2017	44 135,82	4 369,88	10,1
1 ^{er} trimestre 2018	45 828,56	4 537,48	10,1
2 ^{do} trimestre 2018	47 521,30	4 705,08	10,1
3 ^{er} trimestre 2018	49 214,03	4 872,68	10,1
4 ^{to} trimestre 2018	50 906,77	5 040,27	10,1

En la tabla 22 se presenta el pronóstico de la producción, en el cual se determinó el residuo con el promedio total de porcentaje de la tabla 21.

3.2. IDENTIFICACIÓN Y SELECCIÓN DEL TRATAMIENTO DEL RESIDUO EN LA INDUSTRIA NACIONAL DE POLIESTIRENO S.A.C. PARA SU REINGRESO AL PROCESO

Para el desarrollo del siguiente objetivo, se realizó un análisis preliminar de la situación actual de la empresa para saber la disponibilidad de recursos con la que cuenta, para ello se ha tenido en cuenta los datos obtenidos en el ítem 3.1.

3.2.1. Análisis preliminar del sistema de la empresa Industria Nacional del Poliestireno S.A.C.

3.2.1.1. Áreas de la empresa

La Industria Nacional del Poliestireno S.A.C. cuenta con 9 áreas las cuales son:

1. El área de energía, conformado por la caldera, la bomba de enfriamiento y el carbón de piedra (combustible).
2. El área de pre-expansión, conformados por las máquinas pre-expansoras de materia prima.
3. El área de reposo, conformados por los silos de reposo de materia prima.
4. El área de bloques, conformado por las máquinas de bloque (vertical y horizontal).
5. El área de moldeo, conformado por las máquinas moldeadoras de cajas y tapas térmicas.
6. El área de corte, conformado por las máquinas de corte.
7. El área de almacén de materia prima, donde se ubica la materia prima poliestireno.
8. El área de almacén de bloques, donde se ubican los bloques antes de ser cortados.
9. El área de almacén de producto terminado, donde se ubican todos los productos terminados.

A continuación se presenta el esquema de distribución de áreas y espacio en la planta de producción.

P01

En el esquema de producción muestra ubicación y distribución de las máquinas e instrumentos utilizados en la línea de producción.

3.2.1.2. Disponibilidad de maquinaria e insumos

a) Maquinaria

Los instrumentos del proceso de producción con los que cuenta la empresa para la elaboración de sus productos son:

- Pre-expansor; máquina que trabaja a vapor de agua, que realiza la pre-expansión de las perlas de poliestireno a través del llenado de aire.
- Máquinas de bloques; máquina que forma al EPS en un bloque rectangular (2,42m x 1,25m x 0,55m). La empresa cuenta con dos máquinas de bloques una vertical y otra horizontal.
- Corte; máquina que forma al producto proveniente del bloque de acuerdo a las dimensiones especificadas.
- Bomba de agua; es la que moviliza el agua por toda la planta.
- Torre de enfriamiento; equipo que se usan para enfriar agua en grandes volúmenes.
- Moldeadoras de cajas; máquina que forma las cajas de EPS, mediante el vapor de agua. La empresa cuenta con 7 máquinas moldeadoras de cajas, las cuales están hechas en diferentes dimensiones. La empresa tiene dos máquinas moldeadoras que no están en funcionamiento debido a fallas técnicas.
- Moldeadoras de tapas; máquina que forma las tapas de EPS, mediante el vapor de agua. La empresa cuenta con 7 máquinas moldeadoras de tapas, las cuales están hechas en diferentes dimensiones.
- Caldera, esta máquina funciona por acción de carbón de piedra que es usado como combustible y produce vapor de agua, el cual se utiliza en el área de expansión, moldeo y bloques.

Tabla 23. Máquinas de la Industria Nacional del Poliestireno S.A.C

Máquinas	Tipo	Cantidad
En funcionamiento	Pre-expansor	2
	Moldeadora por bloque vertical y horizontal /Bloqueras	2
	Cortadoras	4
	Molino	1
	Bomba de agua	1
	Torre de enfriamiento	1
	Moldeadoras de cajas	7
	Caldera	1
Inactivas	Moldeadoras	2

Fuente: DIPROPOR, 2014

En la tabla 23 se muestra las cantidades respectivas de maquinaria que tiene la empresa, indicando cuales están en funcionamiento y las que están inactivas.

En el área de moldeo se utilizan máquinas formadoras de cajas de EPS con diversas dimensiones presentadas en la tabla 11 según el tamaño. De acuerdo a la disponibilidad de la empresa cuenta con 14 máquinas (7 de cajas y 7 de tapas), donde cada máquina de caja se complementa con su máquina de tapa según su número, y sus dimensiones se detallan en la tabla 24.

Tabla 24. Dimensiones de máquinas de cajas de la Nacional del Poliestireno S.A.C.

Número de caja	Medidas			Espesor cm	Capacidad litros	Peso (caja más tapa) g
	cm					
	Largo	Ancho	Alto			
4	43	28,5	27	2,74	17	317,55
5	29,5	24	23,5	2,2	9,5	125,44
7	43	43	40	3	46	197,73
9	74,5	49,5	51	5	110,7	49,51
11	42	33,5	27	2,8	21	84,67
12	29,5	24,5	18	2,3	7	151,60
13	58	38	37,5	2,5	44	580,03

Fuente: DIPROPOR, 2014

En la tabla 24 se indica las dimensiones de las máquinas de cajas según lo que cuenta la empresa, de acuerdo a la capacidad y su peso.

b) Equipos

- Silos de almacenamiento; permite el reposo de las perlas pre-expandidas para que tengan el volumen requerido. La empresa cuenta con 4 silos (3 para el EPS destinado a las máquinas de bloques y 1 CT destinado para las máquinas de cajas térmicas).

c) Insumos:

- Combustibles (carbón de piedra, entre otros)
- Productos químicos (tinte, detergente industrial, grasa industrial, etc)
- Polipileno para empaquetado, entre otros.

3.2.1.3. Disponibilidad de mano de obra: En la actualidad la empresa cuenta con 17 operarios, personas que colaboran en distintas funciones, repartidos en diversas áreas de la empresa.

Tabla 25. Operarios según sus áreas de trabajo

Áreas de la planta	N° de operarios
Pre- expansión	1
Moldeo	8
Bloques	2
Almacén	1
Corte	4
Empaquetado y etiquetado	1
TOTAL	17

Fuente: DIPROPOR, 2014

En la tabla 25 se indica el número de operarios por área que tiene la empresa.

3.2.1.4. Diagrama de recorrido de los procesos de la Industria Nacional del Poliestireno S.A.C.

La distribución de planta de la Industria Nacional del Poliestireno S.A.C. se muestra mediante una representación gráfica de los movimientos que tiene por área.

Para la primera línea, las actividades de recorrido inician cuando la materia prima almacenada se transporta al área de pre-expansión, seguidamente se transporta al primer silo por 4 horas, después se transporta al siguiente silo por 2 horas y luego se transporta al

último silo por 2 horas más de reposo. Después la materia prima se transporta al área de bloques, y rápidamente se transporta hacia almacén de bloques. Posteriormente se transporta al área de corte y se transporta al área de empaquetado y etiquetado. Luego de pasar por todas las operaciones de fabricación se transporta hacia almacén el producto terminado.

Para la segunda línea de cajas de EPS, las actividades inician cuando la materia prima almacenada se transporta hacia el área de pre-expansión, luego se transporta hacia el silo de reposo por 8 horas, donde la tercera parte de EPS se pinta. Después se transporta al área de moldeo de cajas, y de inmediato se transporta hacia el área de empaquetado y etiquetado. Por último, se transporta hacia almacén el producto terminado.

A continuación se presenta el esquema donde se indica por colores el recorrido de cada línea de producción, en la que las líneas de color azul representan a las actividades para fabricar casetones, bovedillas, planchas y piezas de EPS y las líneas de color rojo representa a las actividades para fabricar las cajas de EPS.

P02

3.2.2. Evaluación de alternativas de tratamiento del residuo del área de moldeo

Habiendo realizado el análisis de la situación actual en la que trabaja la empresa, como siguiente paso es la evaluación de alternativas para la elección del tratamiento de residuo, para ello se eligió evaluar mediante un diagrama de decisión debido a que es una de las herramientas para elegir de manera correcta, la metodología se basa en realizar una búsqueda minuciosa, para elegir la mejor alternativa basados en un proceso de ramificación. Este proceso es el árbol de decisiones que permite estimar alternativas ante la solución de problemas. (William, et al. 1978)

3.2.2.1. Diagrama de decisión

Para el proceso de toma de decisiones se aplicó una metodología para seguir una secuencia de fases detalladas. A través del diagrama se facilita la toma de decisiones del proceso de tratamiento, que se evaluará mediante el método de factores ponderados, identificando factores, variables e indicadores de selección. Dicho procedimiento aplicado se extrajo de una guía de selección de tecnología para tratamiento. (Bernal, et al. 2002)

1. Antecedentes: La empresa cuenta tecnología de producto, que “es el conocimiento de las características y especificaciones de un producto o servicio diseñado de conformidad a las necesidades de los procesos de manufactura y del mercado”. (Escorsa, 2003)

Es decir, consiste en procedimientos y técnicas para la creación del producto debido a que su maquinaria está hecha en base a la necesidad requerida. Es por ello que para el proceso de decisión, se tuvo en cuenta los métodos de reciclaje, mencionado en el marco teórico y la metodología de reciclaje que ellos aplican en el proceso de bloques de la empresa, el cual es el método de reciclado mecánico, que consiste en llevar el residuo a un molino y una vez molido regresa a los silos para que sea mezclado con la materia prima virgen de bloques en un 20% de material de residuo reciclado y 80% de material prima virgen, el transporte se realiza mediante tuberías.

2. Identificación de factores variables. A partir de una visita y entrevista al jefe de producción, resultados de análisis de características, toma de medidas a las áreas de producción; se identificaron los principales factores que influyen en el proceso para la elección del método adecuado, dichos factores son la densidad aparente de la materia prima, área total del terreno, medidas de las máquinas de cajas de EPS, cantidad de residuo generado, condiciones de almacenamiento, entre otros.

3. Proceso de selección. Teniendo en cuenta los requerimientos necesarios para la implementación de los sistemas de tratamientos se integraron los factores variables en un diagrama de decisión.

- Primera fase: Se verifica si la empresa cuenta con la infraestructura adecuada para llevar el proceso de tratamiento de residuos de EPS, con el fin de determinar la factibilidad del sistema de tratamiento, donde se tomó en cuenta el edificio, zona, espacio, transporte, entre otros.

- Segunda fase: En esta fase se evalúa la disponibilidad de terreno en función al área requerida dependiendo además de la cantidad del residuo generado, y de las condiciones de almacenamiento. La decisión se tomó mediante la visualización del plano y visita a la empresa donde se determinó que había área ociosa.
- Tercera fase: En esta fase se planteó la interrogante sobre cuál de todas las alternativas de reciclaje es la más adecuada para el tratamiento del residuo de EPS.
- Cuarta fase: En esta fase se eligió el método de reciclaje, teniendo en cuenta los requerimientos del tratamiento, es decir el objetivo del tratamiento.
- Quinta fase: Consiste en la realización proceso de tratamiento, mediante el método elegido.
- Sexta fase: Esta fase se determina si podrían existir algunas restricciones de carácter legal que impidan el funcionamiento del tratamiento, en los términos que se pudiera haber previsto.
- Séptima fase: Se considera la disponibilidad de recursos que tiene la planta en función a la tecnología que usan como disponibilidad de mano de obra, requerimiento y disponibilidad de insumos químicos, materiales, energía, espacio disponible en planta, equipos mecánicos.
- Octava fase: La factibilidad del tratamiento con los recursos estimados es evaluada, si hay posibilidad de tratamiento del residuo del EPS y si disminuiría la posibilidad de contaminación.
- Novena fase: En esta fase se evaluará los costos de inversión, mano de obra, maquinaria, operación, mantenimiento, entre otros.
- Decima fase: Finalmente se evalúa si la empresa está en posibilidades de cubrir los insumos o si cuenta con el presupuesto necesario, para poner el proyecto en marcha.

Las fases explicadas se representan mediante un esquema general de decisión: (ver figura 7)

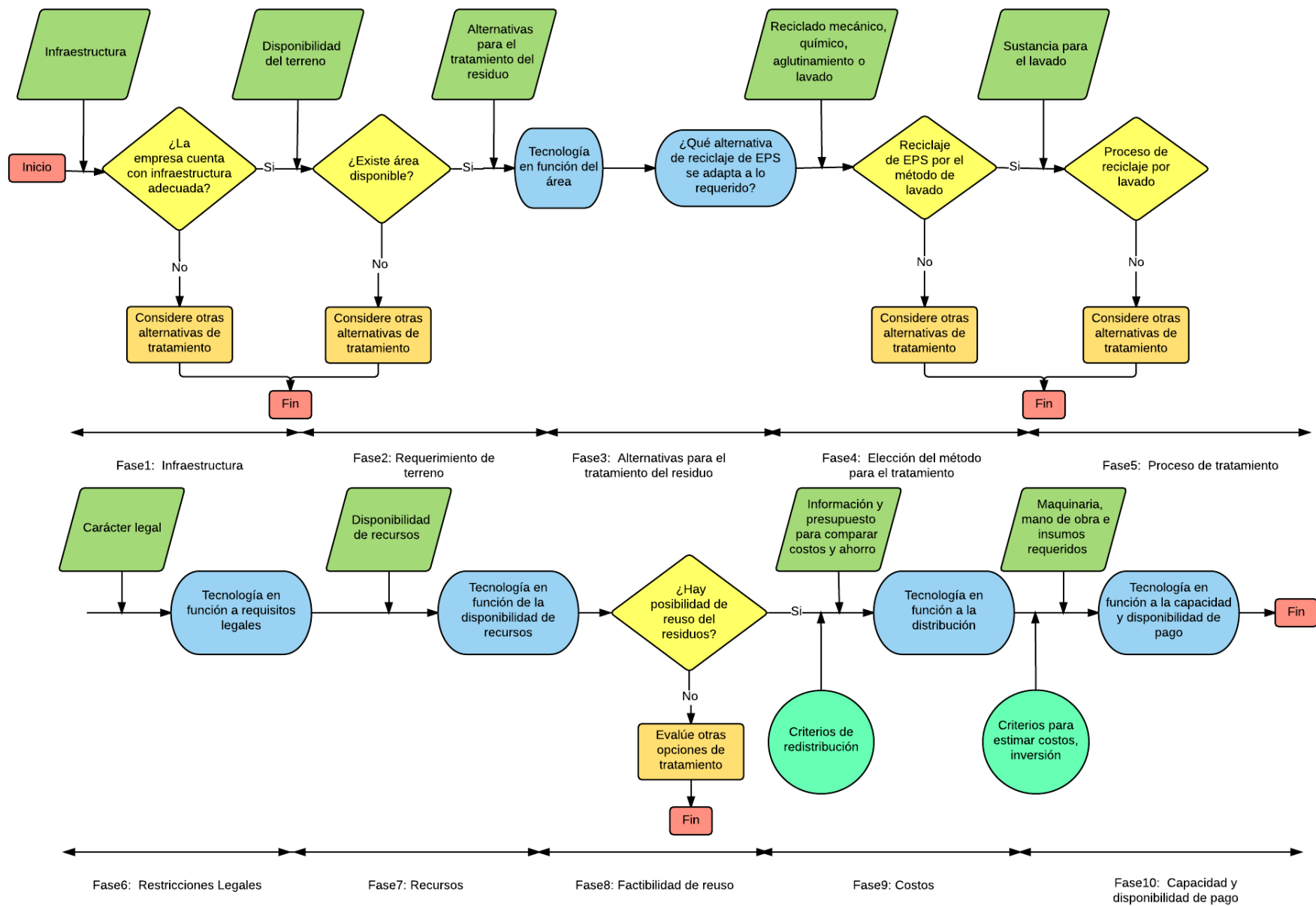


Figura7. Esquema general de selección de proceso de tratamiento

En la figura 7 se muestra un esquema general de selección de procesos de tratamiento, la cual inicia con la identificación de la adecuada infraestructura de la empresa, teniendo que tomar una decisión; si es positivo se procede a la identificación de áreas disponibles, si la decisión es negativa se debe considerar otras alternativas de tratamiento. Siguiendo con la disponibilidad de áreas si la decisión es positiva se procede a identificar la tecnología en función del área respectiva, precedentemente a las alternativas de reciclaje de EPS para la adaptación a lo requerido. Posteriormente se analiza si el método de lavado es el correcto para el reciclaje de EPS, si es el adecuado se realiza un proceso de reciclaje por lavado y si no es el adecuado se considera otra alternativa para el tratamiento. Una vez identificado el proceso de reciclaje por lavado se selecciona la tecnología en función a los requisitos legales al igual la misma en función que la disponibilidad de recursos. Posteriormente se analizará si hay posibilidad de reuso de residuo, si hay posibilidad se procede a la selección de la tecnología en función a la distribución para posteriormente analizarla en función a la capacidad y disponibilidad de pago. Si no hay posibilidad se evaluará otras opciones de tratamiento.

3.2.2.2. Selección del sistema de tratamiento

Siguiendo el proceso de selección por fase, se evaluó los requerimientos para la determinación del método de tratamiento.

Fase 1: Infraestructura:

Se evaluó en base al esquema de decisión, de acuerdo a los métodos de reciclaje de EPS. (Ver tabla 26)

Tabla 26. Evaluación de infraestructura para selección de tratamiento

Métodos de reciclaje	Evaluación	autor
Mecánico	<ul style="list-style-type: none"> - Edificio, espacio de trabajo e instalaciones - Equipos de proceso, sistemas de trituración para EPS. - Servicios de soporte, como transporte. 	Quiroz, 2015
Químico	<ul style="list-style-type: none"> - Instalaciones equipadas con reactores químicos. - Laboratorio de análisis químicos. - Servicio de soporte, producción vapores 	Quintero, 2013
Aglutinamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Equipo de proceso para molienda plástico. - Servicio de soporte en electricidad. 	Quintero, 2013
Lavado	<ul style="list-style-type: none"> - Equipo de proceso para lavado. - Servicio de soporte en electricidad, agua. 	Ikoportex, 2010

Según la tabla 26, los métodos de aglutinamiento y lavado resultan más convenientes debido a que requieren de una sola máquina y servicio de soporte, a comparación de los demás métodos que tienen mayores requerimientos.

Fase 2: Requerimiento de terreno:

De acuerdo a los métodos de reciclaje de EPS se evaluó en base cantidades de área ocupada en las instalaciones.

Tabla 27. Evaluación de requerimiento de terreno para selección de tratamiento

Métodos de reciclaje	Evaluación	Instalaciones m²	Autor
Mecánico	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensiones de maquinaria 200 m² - Espacio para materia prima 100 m² - Espacio para producto terminado 125 m² 	425	Rivera, 2004
Químico	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensiones de maquinaria 235 m² - Espacio para materia prima 100 m² - Equipos de laboratorio 30 m² - Espacio para producto terminado 125 m² 	460	Barbosa, 2013
Aglutinamiento	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensiones de maquinaria 100 m² - Espacio para materia prima 100 m² - Espacio para producto terminado 125 m² 	325	Lagos, 2008
Lavado	<ul style="list-style-type: none"> - Dimensiones de maquinaria 80 m² - 200 kg/h - Espacio para materia prima 100 m² - Espacio para producto terminado 125 m² 	305	Quintana, et al. 2010

En la tabla 27 se muestra la evaluación de requerimiento de terreno, en el que resulta más conveniente realizar el tratamiento por lavado, en donde se describe la maquinaria y equipo necesario para la instalación de un sistema de lavado de envases de plásticos.

Fase 3: Alternativas para el tratamiento:

Siguiendo el esquema se evaluó las alternativas de tratamiento

Tabla 28. Evaluación de alternativas de tratamiento

Métodos de reciclaje	Evaluación
Mecánico	- Este método no sería adecuado ya que se necesitan diversos equipos, y el espacio requerido es mayor con respecto a los otros métodos.
Químico	- Al aplicar tratamiento de reciclaje químico, requiere de alta tecnología y el espacio resulta muy grande a comparación con los demás métodos.
Aglutinamiento	- Reciclar por aglutinamiento requiere de una sola maquinaria, pero en espacio requerido ocupa mayor espacio con respecto al método de lavado.
Lavado	- El reciclado por lavado requiere de muy pocos recursos para su aplicación y es el que menos espacio requiere ya que es una sola máquina.

En la tabla 28, se realiza un análisis de cada método de reciclaje para tomar la decisión más conveniente, de acuerdo a las fases anteriores.

Fase 4: Elección del método para el tratamiento:

Luego de haber analizado los requerimientos que necesita cada alternativa de tratamiento, se eligió el método de reciclado por lavado, debido a que presenta grandes ventajas en comparación con los otros métodos.

Fase 5: Proceso de tratamiento:

Para aplicar dicho método se realizará un análisis experimental con el fin de elegir el insumo de lavado más conveniente, y así evaluar la reacción del residuo para distinguir las características del residuo (densidad aparente, humedad y aspecto físico), el impacto a la salud de los operarios, el ambiente y el costo en el mercado. El método que se desarrollará para la elección de la sustancia más conveniente fue el de factores ponderados, mediante una calificación del 0 al 10, que elegirá el insumo de lavado más adecuado según el mayor puntaje.

Fase 6: Restricciones legales:

El Ministerio del Ambiente publicó el Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM, por el cual se aprueban los Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR).

Tabla 29. LMP para los efluentes de PTAR

Parámetro	Unidad	LMP de efluentes para vertidos a cuerpos de aguas
Aceites y grasas	mg/L	20
Coliformes Termotolerantes	NMP/100 mL	10 000
Demanda Bioquímica de Oxígeno	mg/L	100
Demanda Química de Oxígeno	mg/L	200
pH	unidad	6,5 – 8,5
Sólidos Totales en suspensión	mL/L	150
Temperatura	°C	<35

Fuente: MINAN, 2010

En la tabla 29, se muestra los LMP con la finalidad de controlar excesos en los niveles de concentración de sustancias físicas, químicas y biológicas presentes en efluentes o emisiones, para evitar daños a la salud y al ambiente que puede generar el agua con el insumo de lavado.

Fase 7: Recursos

Los recursos requeridos se mostrarán a mayor detalle en el siguiente punto.

Fase 8: Factibilidad de reuso:

Según la evaluación realizada, se infiere que si es posible realizar el tratamiento de residuos de EPS por el método de reciclaje por lavado.

Fase 9 y 10: Costos y capacidad y posibilidad de pago:

Se tendrá que evaluar el análisis costo beneficio del tratamiento de residuo de EPS, donde se determinará las cantidades en soles que se requiere invertir.

3.2.2.3. Análisis experimental para el lavado del residuo del área de moldeo

Para el análisis experimental se trabajó con el residuo del área de moldeo (EPS húmedo), en el cual se realizó 5 ensayos para blanquearlo, para determinar la densidad y humedad de acuerdo a la norma brasilera de poliestireno expandido para aislación térmica – determinación de la masa específica aparente. Se realizaron 3 veces en el Laboratorio de la universidad Santo Toribio de Mogrovejo y los 2 restantes en el Laboratorio de la Industria Nacional del Poliestireno S.A.C.

Para la elección del insumo para el lavado se realizó una búsqueda de blanqueadores, teniendo en cuenta los datos teóricos de las propiedades químicas del EPS que muestra la reacción del material al entrar en contacto con diversos productos químicos datos que fueron brindados por la Asociación Nacional de Poliestireno Expandido/ANAPE. (ver tabla 3)

Para el análisis se tuvieron en cuenta las mismas condiciones para todas las muestras, es decir las mismas cantidades de evaluación y la homogeneidad de cada una, basándose en el procedimiento de las normas brasileras para la densidad aparente.

Las pruebas de lavado se realizaron con el residuo de EPS húmedo y se determinó usar el detergente industrial, peróxido de hidrogeno, hidróxido de sodio e hipoclorito de sodio como sustancia para el lavado, los cuales se enumeraron en el orden mencionado.

Prueba 1:

La prueba consistió en lavar el residuo EPS húmedo con detergente industrial.

Según los Procesos Operacionales Estándares de Saneamiento (POES) las concentraciones de partida de un detergente industrial para diluir en agua van desde el 0,5 a un 1 % de materia activa por litro.

En esta prueba se preparó la proporción de mezcla agua-detergente con 200ml-2g para lavar la muestra de 1g del residuo de EPS en condiciones húmedas, luego fue puesto a un agitador magnético con 700 rpm en un tiempo de 10min, en seguida se retiró el agua con detergente a través de una malla que retuvo las perlas, después se realizó un enjuague en una cantidad de 500ml de agua aproximadamente, luego fue secado en una estufa a temperatura de 60°C por 30 minutos, por último se pesó el residuo. El procedimiento se realizó 5 veces para comprobar resultados. (Ver anexo 8,1)

Tabla 30. Aspecto físico del ensayo 1 por lavado con detergente industrial

Características	Descripción
Color	Diversos colores RAL (Blanco puro 9010, rosa claro 3015, Azul luminoso 5012, amarillo de zinc)
Olor	Neutro
Textura	Lisa
Presencia de impurezas	No tiene

De acuerdo al aspecto físico del ensayo 1, después del lavado con detergente industrial los colores bajaron de tonalidad y su olor es neutro.

Tabla 31. Aspecto físico del ensayo 2 por lavado con detergente industrial

Características	Descripción
Color	Diversos colores RAL (Blanco puro 9010, rosa claro 3015, Azul luminoso 5012, amarillo de zinc 1018)
Olor	Neutro
Textura	Lisa
Presencia de impurezas	No tiene

De acuerdo al aspecto físico del ensayo 2, después del lavado con detergente industrial los colores bajaron de tonalidad y su olor es neutro.

Tabla 32. Aspecto físico del ensayo 3 por lavado con detergente industrial

Características	Descripción
Color	Diversos colores RAL (Blanco puro 9010, rosa claro 3015, Azul luminoso 5012, amarillo de zinc 1018)
Olor	Neutro
Textura	Lisa
Presencia de impurezas	No tiene

De acuerdo al aspecto físico del ensayo 3, después del lavado con detergente industrial los colores bajaron de tonalidad y su olor es neutro.

Tabla 33. Aspecto físico del ensayo 4 por lavado con detergente industrial

Características	Descripción
Color	Diversos colores RAL (Blanco puro 9010, rosa claro 3015, Azul luminoso 5012, amarillo de zinc 1018)
Olor	Neutro
Textura	Lisa
Presencia de impurezas	No tiene

De acuerdo al aspecto físico del ensayo 4, después del lavado con detergente industrial los colores bajaron de tonalidad y su olor es neutro.

Tabla 34. Aspecto físico del ensayo 5 por lavado con detergente industrial

Características	Descripción
Color	Diversos colores RAL (Blanco puro 9010, rosa claro 3015, Azul luminoso 5012, amarillo de zinc 1018)
Olor	Neutro
Textura	Lisa
Presencia de impurezas	No tiene

De acuerdo al aspecto físico del ensayo 5, después del lavado con detergente industrial los colores bajaron de tonalidad y su olor es neutro.

Las características físicas de los 5 ensayos realizados en el residuo húmedo por lavado con detergente industrial mostraron variación en los colores identificados ya que los tonos bajaron su tonalidad.

Prueba 2:

En la siguiente prueba se realizó un lavado de residuo EPS húmedo con hidróxido de sodio. En la hoja de seguridad del hidróxido de sodio, especifica las cantidades de concentración para diferentes soluciones, en este caso se elegirá la de menor porción que es 0,5%, la cual indica que en 1 litro de agua se necesitan 5g de hidróxido de sodio

En esta prueba se preparó la proporción de mezcla agua-hidróxido de sodio con 200ml-1g para lavar la muestra de 1g del residuo de EPS en condiciones húmedas, luego fue puesto a un agitador magnético con 700 rpm en un tiempo de 10min, en seguida se retiró el agua con hidróxido de sodio a través de una malla que retuvo las perlas, después se realizó un enjuague en una cantidad de 500ml de agua aproximadamente, luego fue secado en una estufa a temperatura de 60°C por 30 minutos, por último se pesó el residuo. El procedimiento se realizó 5 veces para comprobar resultados. (Ver anexo 8,2)

Tabla 35. Aspecto físico del ensayo 1 por lavado con hidróxido de Sodio

Características	Descripción
Color	Diversos colores (Blanco tráfico 9016, rosa claro 3015, Azul brillante 5007, amarillo tráfico 1023)
Olor	Neutro
Textura	Lisa
Presencia de impurezas	No tiene

Luego del lavado con hidróxido de sodio en el ensayo 1, se pudo observar que los colores también bajaron su tonalidad, con un olor neutro.

Tabla 36. Aspecto físico del ensayo 2 por lavado con hidróxido de Sodio

Características	Descripción
Color	Diversos colores (Blanco tráfico 9016, rosa claro 3015, Azul brillante 5007, amarillo tráfico 1023)
Olor	Neutro
Textura	Lisa
Presencia de impurezas	No tiene

Luego del lavado con hidróxido de sodio en el ensayo 2, se pudo observar que los colores también bajaron su tonalidad, con un olor neutro.

Tabla 37. Aspecto físico del ensayo 3 por lavado con hidróxido de Sodio

Características	Descripción
Color	Diversos colores (Blanco tráfico 9016, rosa claro 3015, Azul brillante 5007, amarillo tráfico 1023)
Olor	Neutro
Textura	Lisa
Presencia de impurezas	No tiene

Luego del lavado con hidróxido de sodio en el ensayo 3, se pudo observar que los colores también bajaron su tonalidad, con un olor neutro.

Tabla 38. Aspecto físico del ensayo 4 por lavado con hidróxido de Sodio

Características	Descripción
Color	Diversos colores (Blanco tráfico 9016, rosa claro 3015, Azul brillante 5007, amarillo tráfico 1023)
Olor	Neutro
Textura	Lisa
Presencia de impurezas	No tiene

Luego del lavado con hidróxido de sodio en el ensayo 4, se pudo observar que los colores también bajaron su tonalidad, con un olor neutro.

Tabla 39. Aspecto físico del ensayo 5 por lavado con hidróxido de Sodio.

Características	Descripción
Color	Diversos colores (Blanco tráfico 9016, rosa claro 3015, Azul brillante 5007, amarillo tráfico 1023)
Olor	Neutro
Textura	Lisa
Presencia de impurezas	No tiene

Luego del lavado con hidróxido de sodio en el ensayo 5, se pudo observar que los colores también bajaron su tonalidad, con un olor neutro.

Por lo tanto las características físicas de los 5 ensayos realizados en el residuo húmedo por lavado con hidróxido de sodio mostraron que los colores identificados bajaron su tonalidad.

Prueba 3:

Otra de las pruebas fue el mezclado de residuo EPS húmedo con peróxido de hidrógeno volumen 10.

En la ficha técnica del peróxido de hidrógeno la menor concentración es la de volumen 10, la cual contiene 3g de peróxido de hidrógeno por cada 100ml de agua. En un inicio se eligió el de menor proporción y se hizo la prueba, pero al ponerlo en contacto con las bolitas de EPS realizaba un sonido como si estuviera reaccionando, por lo cual se prefirió bajar la porción y optar por pesos iguales tanto de agua como de peróxido de hidrógeno.

Para esta prueba se usó la proporción de agua-peróxido de hidrógeno con 100ml-100ml para lavar la muestra de 1g del residuo de EPS en condiciones húmedas, luego fue puesto a un agitador magnético con 700 rpm en un tiempo de 10min, en seguida se retiró el agua con peróxido de hidrógeno a través de una malla que retuvo las perlas, después se realizó un enjuague en una cantidad de 500ml de agua aproximadamente, luego fue secado en una

estufa a temperatura de 60°C por 30 minutos, por último se pesó el residuo. El procedimiento se realizó 5 veces para comprobar resultados. (Ver anexo 8,3)

Tabla 40. Aspecto físico del ensayo 1 por lavado con peróxido de hidrógeno

Características	Descripción
Color	Diversos colores (Blanco tráfico 9016, roja beige 3012, azul brillante 5007, Amarillo azufre 1016)
Olor	Neutro
Textura	Lisa
Presencia de impurezas	No tiene

El aspecto físico luego del lavado con peróxido de hidrógeno en el ensayo 1, se observó que los colores bajaron su tonalidad, sin dejar olor.

Tabla 41. Aspecto físico del ensayo 2 por lavado con peróxido de hidrógeno

Características	Descripción
Color	Diversos colores (Blanco tráfico 9016, roja beige 3012, azul brillante 5007, Amarillo azufre 1016)
Olor	Neutro
Textura	Lisa
Presencia de impurezas	No tiene

El aspecto físico luego del lavado con peróxido de hidrógeno en el ensayo 2, se observó que los colores bajaron su tonalidad, sin dejar olor.

Tabla 42. Aspecto físico del ensayo 3 por lavado con peróxido de hidrógeno

Características	Descripción
Color	Diversos colores (Blanco tráfico 9016, roja beige 3012, azul brillante 5007, Amarillo azufre 1016)
Olor	Neutro
Textura	Lisa
Presencia de impurezas	No tiene

El aspecto físico luego del lavado con peróxido de hidrógeno en el ensayo 3, se observó que los colores bajaron su tonalidad, sin dejar olor.

Tabla 43. Aspecto físico del ensayo 4 por lavado con peróxido de hidrógeno

Características	Descripción
Color	Diversos colores (Blanco tráfico 9016, roja beige 3012, azul brillante 5007, Amarillo azufre 1016)
Olor	Neutro
Textura	Lisa
Presencia de impurezas	No tiene

El aspecto físico luego del lavado con peróxido de hidrógeno en el ensayo 4, se observó que los colores bajaron su tonalidad, sin dejar olor.

Tabla 44. Aspecto físico del ensayo 5 por lavado con peróxido de hidrógeno

Características	Descripción
Color	Diversos colores (Blanco tráfico 9016, roja beige 3012, azul brillante 5007, Amarillo azufre 1016)
Olor	Neutro
Textura	Lisa
Presencia de impurezas	No tiene

El aspecto físico luego del lavado con peróxido de hidrógeno en el ensayo 3, se observó que los colores bajaron su tonalidad, sin dejar olor.

Las características físicas de los 5 ensayos realizados en el residuo húmedo por lavado con peróxido de hidrógeno mostraron variación en el análisis realizado, debido a que los colores identificados bajaron su tonalidad.

Prueba4

Otra de las pruebas fue el mezclado de residuo EPS húmedo con hipoclorito de sodio. Según los POES las concentraciones de partida del hipoclorito de sodio para diluir en agua son de 0,5 litros de lejía para 4,5 litros de agua.

Para esta prueba se usó la proporción de agua-Hipoclorito de sodio con 200ml-22,2ml para lavar la muestra de 1g del residuo de EPS en condiciones húmedas, luego fue puesto a un agitador magnético con 700 rpm en un tiempo de 10min, en seguida se retiró el agua con detergente a través de una malla que retuvo las perlas, después se realizó un enjuague en una cantidad de 500ml de agua aproximadamente, luego fue secado en una estufa a temperatura de 60°C por 30 minutos, por último se pesó el residuo para comprobar características. El procedimiento se realizó 5 veces para comprobar resultados. (Ver anexo 8.4)

Tabla 45. Aspecto físico del ensayo 1 por lavado con hipoclorito de sodio

Características	Descripción
Color	Diversos colores (Blanco perla 1013, rojo viejo 3014, azul agua 5021, Amarillo de zinc 1018)
Olor	Neutro
Textura	Lisa
Presencia de impurezas	No tiene

Luego del lavado del residuo húmedo con hipoclorito de sodio, en el ensayo 1 se observó que los colores bajaron su tonalidad y no mostró olor luego del lavado.

Tabla 46. Aspecto físico del ensayo 2 por lavado con hipoclorito de sodio

Características	Descripción
Color	Diversos colores (Blanco perla 1013, rojo viejo 3014, azul agua 5021, Amarillo de zinc 1018)
Olor	Neutro
Textura	Lisa
Presencia de impurezas	No tiene

Luego del lavado del residuo húmedo con hipoclorito de sodio, en el ensayo 2 se observó que los colores bajaron su tonalidad y no mostró olor luego del lavado.

Tabla 47. Aspecto físico del ensayo 3 por lavado con hipoclorito de sodio

Características	Descripción
Color	Diversos colores (Blanco perla 1013, rojo viejo 3014, azul agua 5021, Amarillo de zinc 1018)
Olor	Neutro
Textura	Lisa
Presencia de impurezas	No tiene

Luego del lavado del residuo húmedo con hipoclorito de sodio, en el ensayo 3 se observó que los colores bajaron su tonalidad y no mostró olor luego del lavado.

Tabla 48. Aspecto físico del ensayo 4 por lavado con hipoclorito de sodio

Características	Descripción
Color	Diversos colores (Blanco perla 1013, rojo viejo3014, azul agua 5021, Amarillo de zinc 1018)
Olor	Neutro
Textura	Lisa
Presencia de impurezas	No tiene

Luego del lavado del residuo húmedo con hipoclorito de sodio, en el ensayo 4 se observó que los colores bajaron su tonalidad y no mostró olor luego del lavado.

Tabla 49. Aspecto físico del ensayo 5 por lavado con hipoclorito de sodio

Características	Descripción
Color	Diversos colores (Blanco perla 1013, rojo viejo 3014, azul agua 5021, Amarillo de zinc 1018)
Olor	Neutro
Textura	Lisa
Presencia de impurezas	No tiene

Luego del lavado del residuo húmedo con hipoclorito de sodio, en el ensayo 2 se observó que los colores bajaron su tonalidad y no mostró olor luego del lavado.

Las características físicas de los 5 ensayos realizados en el residuo húmedo por lavado con hipoclorito de sodio también bajaron su tonalidad.

De las cuatro pruebas de lavado de EPS con detergente industrial, hidróxido de sodio, hipoclorito de sodio y peróxido de hidrógeno resultó que con las 4 sustancias de lavado el color disminuye, pero, se observó que en la prueba 1 el EPS tuvo un aspecto muy cercano al color blanco puro que las siguientes pruebas, ya que en las pruebas 2 y 3 tuvieron un blanco más opaco, pero en la prueba 4 se obtuvo que su aspecto fuera más oscuro que los otros.

3.2.2.4. Caracterización de las pruebas de lavado

Una vez realizado la caracterización de las pruebas se calculó la densidad aparente y la humedad de acuerdo a la sustancia de lavado aplicado, de la cuales se determinó un promedio para obtener una cantidad aproximada. (Ver tabla 50)

Tabla 50. Caracterización de las pruebas de lavado EPS

Pruebas realizadas	Número de muestra	Densidad aparente (kg/m ³)	Humedad
			(%)
Prueba 1	1	20	60
	2	20	60
	3	20	50
	4	20	60
	5	20	60
	Promedio	20	58
Prueba 2	1	19	50
	2	17	60
	3	19	60
	4	15	60
	5	16	60
	Promedio	17	58
Prueba 3	1	19	60
	2	19	60
	3	16	60
	4	15	60
	5	19	50
	Promedio	19	58
Prueba 4	1	16	60
	2	16	60
	3	19	50
	4	20	60
	5	16	60
	Promedio	16	58

En la tabla 50, se muestra los resultados de las características que fueron los porcentajes de humedad y las cantidades de la densidad aparente, en el cual se observa que la prueba 1, se acerca más a la densidad del poliestireno expandido virgen. El procedimiento de cálculo se puede visualizar en el anexo 9.

Luego de haber realizado los ensayos para determinar la reacción del EPS al aplicarle detergente industrial, hidróxido de sodio, hipoclorito de sodio y peróxido de hidrógeno se elegirá la sustancia de lavado más conveniente, mediante el método de factores ponderados.

3.2.2.5. Elección de la sustancia de lavado del residuo del área de moldeo

Para la elección de la prueba de lavado más conveniente se identificaron diversos factores los cuales son necesarios que funcionen de manera eficiente, estos factores fueron:

- ✚ Reacción del material, en el cual se tendrá en cuenta cómo reacciona el residuo de EPS al entrar en contacto con la sustancia.
- ✚ Aspecto físico, donde se identificará el cómo se ve físicamente el residuo luego de la prueba de lavado.
- ✚ Densidad aparente, en el que se tuvo en cuenta que la densidad aparente del residuo se encuentre dentro del rango establecido para su uso en el proceso. Se compara la densidad del residuo con respecto a la densidad del EPS virgen.
- ✚ Humedad, en el que se tuvo en cuenta que la humedad del residuo se encuentre dentro del rango establecido para su uso en el proceso. Se compara la humedad del residuo con respecto a la humedad del EPS virgen.
- ✚ Salud y ambiente, en el que se evaluará si el insumo afecta a la salud de los colaboradores y si es amigable con el ambiente.
- ✚ Costo en el mercado, en el que se evalúa el insumo con menor costo en el mercado.

Para la ponderación se hizo una calificación según el grado de importancia en un rango del 0-1. (Ver tabla 51)

Tabla 51. Ponderación para la elección de la sustancia más factible para el lavado del residuo del área de moldeo

Factores	Reacción del material	Aspecto físico	Densidad	Humedad	Salud y ambiente	Costo en el mercado	Conteo	Ponderación
Reacción del material		1	0	1	1	1	4	28,6%
Aspecto físico	0		0	1	0	0	1	7,1%
Densidad	1	1		0	1	1	4	28,6%
Humedad	0	0	0		1	1	2	14,3%
Salud y ambiente	0	1	0	0		1	2	14,3%
Costo en el mercado	0	1	0	0	0		1	7,1%
TOTAL							14	100%

En la tabla 51 se muestra la calificación de la ponderación de los factores se realizó una relación entre ellos para determinar el grado de importancia.

Para la calificación se realizó una escala creciente de acuerdo a la factibilidad del factor, debido a que el peso asignado en cada alternativa indicará su importancia.

Escala de calificación

- ✓ Excelente 10
- ✓ Muy Bueno 8
- ✓ Bueno 6
- ✓ Regular 4
- ✓ Deficiente 2

Tabla 52. Elección de la sustancia más factible para el lavado del residuo del área de moldeo

Factores	Ponderación (%)	Prueba 1	Prueba 2	Prueba 3	Prueba 4
1. Reacción del material	28,6%	10	10	4	10
2. Aspecto físico	7,1%	10	6	6	4
3. Densidad adecuada	28,6%	8	4	6	4
4. Humedad adecuada	14,3%	6	6	6	6
5. Salud y ambiente	14,3%	6	6	4	3
6. Costo en el mercado	7,1%	6	4	7	8

En la tabla 52 se muestra la calificación que se le proporcionó a cada una de las pruebas según los factores tomados.

Reacción del material. En la prueba 1, el cual se realizó con el detergente industrial se observó que no hubo reacción del material a tratar, al igual que en la prueba 2 y 4, pero en la prueba 3 con el peróxido de hidrogeno se observó que el material emitía un sonido como si estuviera reaccionando, es por ello que se bajó la porción y se optó por mezclar pesos iguales tanto de agua como de peróxido de hidrógeno.

Aspecto físico. Según las pruebas realizadas se concluyó que en la prueba 1, el EPS tuvo un aspecto muy cercano al color blanco puro que las siguientes pruebas.

Densidad adecuada. La densidad ideal es la que se asemeja a la del EPS virgen que es 24 kg/m³ en promedio y la más cercana fue la que se obtuvo en la prueba 1, aunque el resto de pruebas está en el rango permitido se calificó de acuerdo a las cercanías.

Humedad adecuada. La humedad en las pruebas es buena debido a que el residuo, sale del área de moldeo húmedo y a pesar que esté en ese estado puede entrar nuevamente en la máquina de molde.

Salud y ambiente. De acuerdo a la guía de sustitución de agentes químicos por otros menos peligrosos en la industria, elaborado por la fundación de riesgos laborales se indica que el hipoclorito de sodio es más contaminante, luego le sigue el peróxido de hidrógeno, y en igual escala está el detergente industrial y el hidróxido de sodio.

Costo en el mercado. El costo del mercado del detergente industrial es muy viable debido a que su uso es muy poco respecto a la cantidad a utilizar, y su precio es 60 soles por 15 kg, para el hidróxido de sodio en el que 1 kg está 10 soles es un muy costoso pero su uso es en cantidades pequeñas, el peróxido de hidrógeno un galón de 20 litros esta 65 soles es un poco costoso y el hipoclorito de sodio que 20 litros está 59,9 soles y es bastante regular en precio. (SODIMAC, 2016)

El resultado de calificación se determinó, con el uso de la formula global para cada alternativa:

$$C = \Sigma (W_i \times P_i / 100)$$

Donde:

W_i: peso del factor i

P_i: puntuación del factor i

(Lee J. et al. 2000)

Tabla 53. Resultados de método de factores ponderados

Resultados del proceso de puntuación	
Prueba 1	8 puntos
Prueba 2	6,43 puntos
Prueba 3	5,21 puntos
Prueba 4	6,14 puntos

En la tabla 53 se muestra que la prueba 1 (con detergente industrial) es la más recomendada para el tratamiento de lavado, por ser la de mayor puntuación.

3.2.2.6. Elección de ubicación de área para el sistema de tratamiento de residuos del área de moldeo.

Para la elección del área del sistema de tratamiento se visualizó el espacio ocioso de un área total de 72m² en la empresa a través del plano respectivo, donde se planea instalar el sistema para tratar el residuo de EPS.

3.2.2.7. Propuesta de redistribución del plano para ubicación de las maquinarias del área de moldeo

Para la reubicación de las máquinas se ha considerado separar las máquinas de moldeo de cajas con las de tapas, agrupándolas en paralelo con la finalidad de poder separar los residuos y que estos se puedan seleccionar de acuerdo a los pintados y no pintados.

La distribución se las maquinarias están de acuerdo al tamaño y dimensiones de las cajas térmicas con la finalidad de llevar un orden en la producción.

Para la propuesta se realizó una modificación al plano de la empresa con la finalidad de que la canaleta donde va el agua con la que sacan el residuo de las máquinas de moldeo para que pueda caer de acuerdo a la ubicación separándolas con mallas para apartar estos dos residuos. A continuación se presenta el nuevo esquema con la propuesta realizada.

PO3

3.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS DEL ÁREA DE MOLDEO PARA SU REINGRESO AL PROCESO

De acuerdo al método de reciclaje por lavado y teniendo elegida la sustancia que permitirá tratar el residuo de EPS, y ubicadas las maquinarias en la posición correcta se hizo una descripción detallada sobre el sistema de tratamiento.

3.3.1. Descripción del proceso de tratamiento

Acopio: Luego del proceso de moldeo de cajas de EPS, una pequeña parte de las perlas usadas de la producción de las cajas de EPS quedan adheridas a las máquinas de moldeo. Por tal razón los operarios lavan la maquinaria con agua a presión, de tal manera que estas se desprenden convirtiéndose el residuo, materia de esta investigación. El residuo ya en el suelo es desplazado hacia las canaletas con agua a presión, lo cual permite realizar la separación de residuos de cajas y residuos de tapas. Posteriormente los residuos serán recogidos con una malla que estará en un aro removible.

Selección: Al eliminar el agua con la malla, se visualizará las impurezas grandes y se retirarán.

Almacenamiento: el residuo acopiado y seleccionado se colocará dentro de un recipiente de plástico. Es importante que los residuos de cajas y los residuos de tapas se almacenen por separado.

Lavado: Se agregará concentraciones de detergente industrial para diluir en agua, en proporción de mezcla agua-detergente con 10g por litro la cual será hecha por una máquina de lavado que tendrá un sistema direccional para controlar centralmente el llenado mediante un sensor adicional en el tanque, el cual detecta y ajusta automáticamente el nivel del agua cuando la máquina está en operación. También tendrá un sistema de lavado helicoidal para lavar el producto intensamente. A sí mismo tendrá un tubo de para la eliminación de agua con detergente y un filtro cilíndrico lateral para eliminación de partículas de desecho.

Enjuague: Se realizará un enjuague en proporción de 500 litros por cada kg de residuo, que será realizado manualmente por un operario, pero se tomará en cuenta la capacidad del envase en litros.

Secado: para este proceso se dejará reposar el residuo en un recipiente hecho de mallas de plástico para que el agua se deslice por gravedad, y así pueda ser reutilizado e ingresar al proceso.

3.3.2. Diagrama de flujo

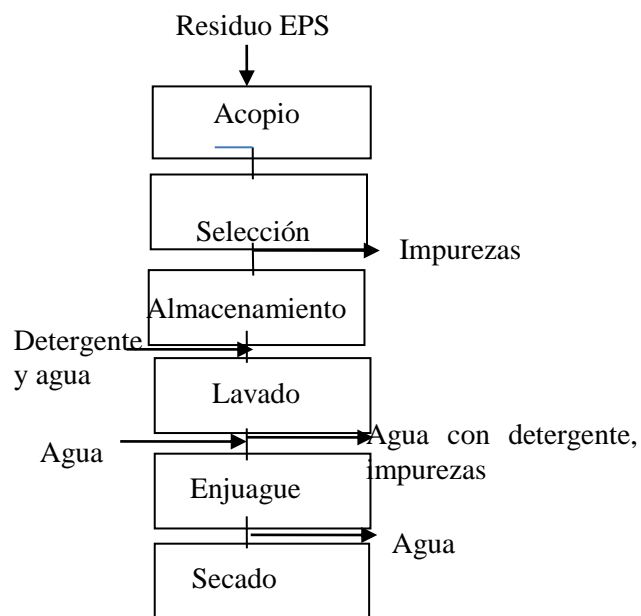


Figura 8. Diagrama de bloques, para el sistema de tratamiento de los residuos del área de moldeo

En la figura 8 se muestra las etapas de la propuesta de tratamiento de residuos de EPS del área de moldeo.

3.3.3. Diagrama de análisis de proceso

Tabla 54. Resumen de actividades DAP propuesta

Resumen			
Actividad	Símbolo	Número	Tiempo
Operación	○	4	20 s
almacenamiento	▽	1	
Transporte	⇨	4	
Combinada	◻	1	
Total		10	20 s

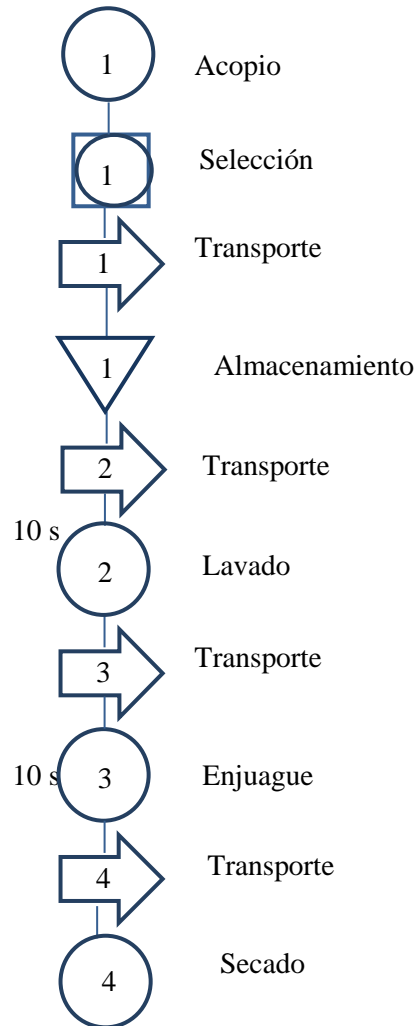


Figura 9. Diagrama de análisis de proceso, para el sistema de tratamiento de los residuos del área de moldeo

En la figura 9 se muestra una representación gráfica de la secuencia de actividades de la propuesta tratamiento.

3.3.4. Diagrama de recorrido

De acuerdo a las etapas explicadas en los ítems anteriores, se realizó una representación gráfica en el esquema de distribución de planta de la empresa, que se muestra a continuación:

P04

El recorrido general de la propuesta de tratamiento inicia cuando los residuos del área de moldeo están en la canaleta de acopio, luego son inspeccionadas y recogidas para ser transportadas hacia recepción, después son transportadas a la máquina de lavado, luego se transporta hacia el recipiente de enjuague e inmediatamente se transporta hacia el área de secado.

3.3.5. Maquinaria e insumos para el tratamiento

3.3.5.1. Máquina de lavado:

Encargada de lavar el residuo a través de un sistema de lavado helicoidal adherido en su interior, la cual tendrá una manguera de descarga para sacar el agua con detergente. Para ello se realizó una cotización de dos máquinas que se encontró con las características que se ajustan a las requeridas para el tratamiento. (Ver anexo 10)

La máquina elegida es Lavadora GEWA 3850 T PLUS para productos de baja densidad, esta máquina fue elegida ya que el costo según la información verificada es de 10 800 dólares y de la máquina de lavado químico es 15 200 dólares por lo que es la menos costosa.

A continuación se muestra la ficha técnica de la máquina elegida. (Ver tabla 55)

Tabla 55. Ficha técnica la lavadora GEWA 3850 T PLUS

Procedencia	España	
Fabricante	KRONEN GmbH	
Material	Acero inoxidable	
Nombre de la marca	GEWA	
Tipo	3 850 T PLUS	
Temperatura de agua	0° - 60°C	
Volumen total	914 l/día	
Cantidad por hora	5 500 g/h	
Ancho	1340 mm	
Alto	1740 mm	
Conecte el tubo	2 pulgada	
Largo	3 900 mm	
Rendimiento	5,9 kW/día	
Voltaje	400 v	
frecuencia	50 hz	

Fuente: KRONEN GmbH, 2016

En la tabla 55 se muestra la ficha técnica de la máquina para el lavado de EPS, donde se detalla las características que posee.

Equipamiento estándar

- Boquillas de alimentación ajustable y desmontable
- Boquillas de bolas sumergidas
- Unidad de sedimentación suplementaria para un vaciado completo y rápido
- Boquillas suplementarias para una fuerza rotativa de lavado reforzada
- Cada conducto es accesible libremente para una limpieza fácil

Ventajas

- Sistema de lavado helicoidal
Este sistema de lavado garantiza lavar el producto intensamente. Al entrar al tanque de lavado, el producto se incorpora a la corriente espiral (o torbellino) del agua. Tiene un recorrido efectivo de 15 a 30 metros (dependiendo del producto) aun cuando la lavadora tiene una dimensión longitudinal de 2,4 ó 3,6 metros.
- Construcción compacta y modular
Están construidas de forma modular lo que permite que la máquina se pueda adaptar a las variadas condiciones de producción, por ejemplo, cambiando el sistema de descarga de producto lavado: placa vibratoria o banda-malla transportadora; o instalando un nuevo sistema de agitación.
Además, se puede ir incorporando nuevos mecanismos a las lavadoras existentes (estas adaptaciones pueden ser realizadas por operarios debidamente entrenados).
- Captura de arenas (PLUS)
En el tanque de lavado se eliminan suciedades (como pequeñas piedras y arena) y son separadas de la corriente que lleva el producto. Estos restos son dirigidos a una tina colocada en el fondo del tanque de lavado. De esta manera se evita que la suciedad tenga contacto con el producto lavado una vez que el proceso termina.
- Limpieza y mantenimiento
La máquina de lavado está construida bajo un concepto de flexibilidad, para que el usuario obtenga la mayor ventaja en el mantenimiento sencillo, limpieza rápida y eficiente, óptima conducción de producto y mínimo en gastos operativos
Fundamentalmente toda la tubería, cubiertas de las bombas, tanques de lavado y de bombas, están fabricados en acero inoxidable AISI 304.
- Sistema de remoción de insectos y partículas de desecho
Tiene una cesta estática desmontable, para productos cortados y no delicados y un tambor rotativo motorizado, para productos delicados y hojas completas. Contrariamente a otros sistemas, este sistema tiene una estructura abierta. Otra característica: puede elevarse sobre el tanque. Todo esto contribuye para que las labores de mantenimiento y limpieza se realicen sin complicación.
Este dispositivo cumple con todas las regulaciones de seguridad para la industria.

- Filtro cilíndrico lateral para eliminación de partículas de desecho
Al ir desechando espumas y partículas residuales, e ir evitando así que los filtros superiores se bloqueen, el filtro lateral (bobina con aperturas de 0,5 mm), permite que la máquina tenga un proceso de lavado continuo. Además, al excluir todas las partículas residuales del agua que circulan en el tanque, se colabora a la protección y larga durabilidad de las bombas del tanque. El agua que pasa por el filtro, regresa al tanque. Un rascador se encarga de la eliminación de las partículas que quedan retenidas en la bobina del filtro.
- Sistema Direccional de Agua
Este sistema hace posible controlar centralmente el llenado y evacuación de las lavadoras. En el tanque se encuentra localizado un sensor de llenado adicional, el cual detecta y ajusta automáticamente el nivel del agua cuando la máquina está en operación. Aunadamente, cuando el nivel de agua es demasiado bajo, las válvulas neumáticas se abren automáticamente para incorporar agua fresca. La versión estándar de la máquina incluye dos válvulas de llenado y dos de evacuación, así como la tubería necesaria.

3.3.5.2. Mallas para la canaleta:

Estas mallas de plástico se encargarán de separar los residuos de las cajas y de las tapas térmicas, debido a que es la manera de como recolectar el residuo. Esta malla es de tipo mosquitero debido a sus orificios pequeños y fue elegida porque es totalmente económico. Para ello se realizó una cotización en la ciudad de Chiclayo, donde se indagó en 3 tiendas comerciales según los precios y marcas.

Tienda 1: SODIMAC

- Malla mosquitero de marca Hyde Tools 1x30m: 106,22 soles
- Malla mosquitera de marca Phiferglass 0,50x30m: 106,36 soles
- Malla mosquitera Tenax 0,9x30m: 67,20 soles

Tienda 2: Maestro

- Malla mosquitero de marca Topex 0,7x30 m: 107 soles
- Malla mosquitero de marca rashell 1,5x30 m: 99,99 soles

Tienda 3: Promart

- Malla mosquitero de marca Hyde Tools 1,20x30 m: 110 soles
- Malla mosquitero de marca Chemax 1x30 m: 99,99 soles

De acuerdo a las innumerables marcas y precios se eligió la malla mosquitera de marca Tenax debido a que resulta más económica.

Tabla 56. Ficha técnica de mallas recolectoras

Procedencia	España	
Fabricante	ACO	
Material	Plástico	
Nombre de la marca	TENAX 05	
Tipo	CM230	
Ancho	30 m	
Largo	0,9 m	
Usos	Ideal para cercos ganaderos, agrícolas, viviendas e industriales.	

Fuente: ACO, 2016

En la tabla 56 se muestra la ficha técnica de las mallas de plástico requeridas con las medidas que se ajustan al EPS.

3.3.5.3. Recipiente de recepción:


Encargado de recibir el residuo, se necesitarán dos de estos recipientes debido a que los residuos de cajas y de las tapas serán separados. Para ello se realizó una cotización en la ciudad de Chiclayo, donde se indagó en tiendas REY para recipientes.

Tienda 1: REY PLAST

- Recipiente de Plástico de medidas 85x 185 x79cm :460 soles
- Recipiente de Plástico de medidas 63,73 x 65 x81cm :430 soles
- Recipiente de Plástico de medidas 75x 105 x89cm :456 soles
- Recipiente de Plástico de medidas 85x 160 x79cm :450 soles

De acuerdo a los precios investigados se eligió al recipiente más grande debido a que la diferencia de precios respecto a los otros no es grande. Por lo tanto el contenedor elegido es el de medidas 85x 185 x79cm con precio de 460 soles

Tabla 57. Ficha técnica recipiente para lavado

Procedencia	España	
Fabricante	Rey Plast	
Material	Plástico	
Nombre de la marca	Contenedores EBA	
Medidas internas (largo x ancho x altura)	850x 1 850x790 mm	
Volumen	1 050 litros	
Numero de ruedas	4	
Diámetro de ruedas	125 mm	

Fuente: Rey Plast, 2016

En la tabla 57 se detalla la ficha técnica del recipiente de recepción y enjuague para el método de tratamiento.

3.3.5.4. Detergente industrial:

Insumo importante que permitirá el lavado.

Para ello se realizó una cotización en la ciudad de Chiclayo, donde se indagó en 2 tiendas comerciales según los precios y marcas.

Tienda 1: Maestro

- Detergente industrial marca 123 para uso industrial de 15kg: 51,90 soles

Tienda 2: SODIMAC

- Detergente industrial marca sapolio máximo poder de 15 kg: 59,90 soles
- Detergente industrial marca DERSA de 15 kg: 50 soles

Por lo tanto se eligió el detergen más económico de marca DERSA.

Tabla 58. Ficha técnica del detergente industrial

Procedencia	México	
Fabricante	Marión	
Marca	detergente	
Nombre de la marca	DERSA	
Olor	Ligero a solvente	
pH	7,5 a 8	
Color	Ambar	
Peso	15kg	

Fuente: Marión, 2016

En la tabla de 58 se muestra la ficha técnica de la sustancia de lavado elegido que es el detergente industrial.

3.3.5.5. Recipiente de lavado:

Recipiente que permitirá el lavado manual del residuo, realizará en el mismo recipiente que reposa el residuo debido que se muestre en la tabla 57.

3.3.5.6. Recipiente para secado:

Recipiente lleno de agujeros que permitirá que el agua se deslice, estará ubicado cerca canaleta que da hacia el desfogue de agua que tiene la empresa que va al desagüe. Estos recipientes se mandarón hacer de manera artesanal con vigas de madera y mallas mosquitero de la tabla 56, el tamaño y medidas serán aproximado de largo por ancho por altura de 850 x 1 850 x790 mm aproximadamente para que pueda contener la mayor cantidad de residuo que sale mojado y pueda reposar y escurrir.

3.3.6. Localización de área

3.3.6.1. Identificación del volumen del residuo diario

A través de la densidad se calculó el volumen diario que ocupa el residuo. Por lo que la densidad aparente de acuerdo a la caracterización del residuo húmedo es 46, 568 kg/m³ de la tabla 17. De acuerdo a la tabla 19 del pronóstico del residuo por trimestre.

Tabla 59. Determinación del volumen ocupado por el residuo

Año	Total de residuos kg/año	Total de residuos kg/día	Volumen m³/ día
2014	8 348,67	22,87	0,49
2015	11 956,69	32,76	0,70
2016	7 103,86	19,46	0,41
2017	17 325,33	47,47	1,01
2018	20 259,56	55,51	1,18

En la tabla 59 muestra el volumen ocupado del residuo por día con el total de residuos por día. De acuerdo a la capacidad de la máquina de lavado 5 500 g/h, en 12 horas de trabajo por día que realiza la empresa tiene un flujo de 66 kg/día, por lo que se concluye que la máquina tiene la capacidad para procesar y abastecer el residuo, ya que según el total de residuos la cantidad es mayor al total de residuos por día.

También se tiene en cuenta las dimensiones del recipiente 850x 1 850x790 mm y se comprueba que la capacidad en volumen es 1,24 m³, que quiere decir que el recipiente tiene suficiente tamaño.

3.3.6.2. Determinación del espacio ocupado por cada maquinaria

Para determinar el área que necesita el sistema de tratamiento de residuos del área de moldeo se aplicó el método de guerchet para verificar si el espacio disponible (72 m²) es suficiente. Se tomará en cuenta el diagrama de recorrido de la propuesta de tratamiento en el ítem anterior y las medidas de las maquinarias e insumos se muestra a continuación. (Ver tabla 60)

Tabla 60. Dimensiones de maquinaria del proceso de tratamiento

Método Guerchet		Dimensiones (m)		
Máquinas	Número de lados	Largo m	Ancho m	Altura m
Lavadora	2	3,9	1,34	1,74
Operarios (1)		-	-	1,7
recipiente de reposo	2	0,85	1,85	0,79
Recipiente colador	2	0,85	1,85	0,79

En la tabla 60 se muestran las dimensiones de cada máquina del proceso de tratamiento.

Para el análisis del área requerida de este proceso, se determinó:

3. Promedio de equipos fijos: $1,11 \text{ m}^2$
4. Promedio de equipos móviles: $1,7 \text{ m}^2$

Tabla 61. Determinación del área total

Máquina	k	Superficie estático m^2	Superficie gravitacional m^2	Superficie de evolución m^2	Superficie total m^2
Máquina de lavado	0,77	5,23	10,45	12,04	27,72
Operario	0,77	0,50	-	-	0,50
Recipiente de reposo	0,77	1,57	3,15	3,62	16,68
Recipiente para secado	0,77	1,57	3,15	3,62	16,68
TOTAL		7,30	13,60	15,67	44,90

En la tabla 61 se muestra el área que ocupará las máquinas que son $44,90 \text{ m}^2$.

Una vez determinada el área total requerida para la implementación de la maquinaria necesaria para el proceso se pudo observar que de los 72 m^2 disponibles en la planta solo se ocupará $44,9 \text{ m}^2$. Por lo tanto sobraría un espacio de $27,1$ que puede aprovechar beneficiosamente para la empresa como ocuparlo como un pequeño almacén.

3.4. ANALISIS COSTO-BENEFICIO DE LA PROPUESTA DEL SISTEMA DE TRATAMIENTO DE RESIDUOS.

3.4.1. Costos

3.4.1.1. Costo de electricidad

La Industrial Nacional del Poliestireno S.A.C. trabaja 12 h/día y 24 días por mes; la planta es abastecida de servicio eléctrico por Electronorte S.A. y cuenta con la tarifa de media tensión MT2 (doble medición de potencia). (Ver tabla 62)

Tabla 62. Determinación del costo por consumo de energía

Maquinaria	Potencia (kW)	Consumo Mensual (kW.h) hora punta	Consumo Mensual (kW.h) fuera de punta	Costo (soles/kW.h) hora punta 6pm-11pm	Costo (soles/kW.h) fuera de hora punta	Costo Mensual (soles)
Lavadora GEWA 3850 T PLUS	2,94	70,56	776,16	0,22	0,18	155,232
Máquina pre-expansora SPB-200DZ	3,5	84	924	0,22	0,18	184,8

Fuente: Electronorte S.A., 2016

En la tabla 62 se muestra el consumo de energía de la máquina de lavado GEWA 3850 T PLUS, la cual es determinada con el rendimiento de la máquina (ver tabla 55) que es 5,9 kW/día.

Al calcularlo por hora es 0,245 kW/h en la jornada laboral de 12 horas (7am a 7pm) resulta 2,94 kW. Por lo que el consumo mensual en hora punta (la empresa tiene 1 hora de costo por hora punta) resulta 70,56 kW.h/mes y el consumo fuera de la hora punta (la empresa tiene 11 horas de consumo de luz fuera de hora punta) resulta 776,16 kW.h/mes. Por lo tanto el costo mensual según el costo por consumo 155,232 soles.

También se detalla el 3,5 kW que es la potencia de la máquina pre-expansora SPB-200DZ, usada por la empresa, dato brindado por el jefe de planta de DIPROPOR, y de acuerdo a la jornada laboral el consumo de hora punta (1hora) es 84 kW.h por mes (24 días) y de consumo fuera de hora punta (11 horas) es 924 kW.h por mes, de acuerdo al costo de electricidad en soles por kW.h, la empresa paga un total 184,8 soles mensual de esa máquina.

3.4.1.2. Costo de agua

En la etapa de lavado según los datos proporcionado de la ficha técnica de la máquina (ver tabla 55) se tiene que su capacidad es de 914 l/día pasado a hora es 38,08 litros/hora en 12 horas 457 litros.

En la etapa de enjuague de acuerdo a la capacidad del envase (ver tabla 57) las medidas que toma son 850 x 1 850 x 790 mm, calculando el volumen 1,24 m³, pasándolo a litros 1242,275 litros como recipiente lleno, finalmente el recipiente se llenará por la mitad debido al volumen de las perlas, por lo que en la etapa de enjuague se utilizará 621,14 litros aproximadamente.

Por lo tanto el consumo total por día es 1078,14 litros de determinó el costo por consumo de agua.

Tabla 63. Determinación del costo por consumo de agua

Consumo m ³ /día	Costo soles/m ³	Costo soles/día	Costo soles/mes
1,07814	13,6	14, 662704	351,9

Fuente: EPSEL, 2016

En la tabla 63 se determinó el costo de consumo de lavado y enjuague que resultaron 351,9 soles por mes.

3.4.1.3. Costo de maquinaria e insumos

El costo de máquina de lavado GEWA 3850 T PLUS según la cotización brindada por la empresa KRONEN es 10 800 dólares, y de acuerdo a la información brindada por la SUNAT el precio de un dólar es 3,365 soles, por lo tanto el costo de la máquina es 36 342 soles.

Para el costo de instalación de maquinaria según el diario oficial del bicentenario El Peruano (Ver anexo 10), los datos de soporte de la máquina y los tanques de instalación en base a concreto es de 1 215,89 soles por cada m³, y de acuerdo a las medidas de la máquina expresado en la tabla 3,9 x 1,34 x 1,74 tiene 9,09 m³ por lo que el costo total de instalación de máquina es 11 052,44 soles.

Tabla 64. Determinación del costo de máquina de lavado

Maquinaria	Cantidad	Costo (dólares)	Costo (soles)
Máquina de lavado	1	10 800	36 342
Instalación de máquina	1	3 284,52	11 052,44
Total	-	14 084,52	47 394,44

En la tabla 64 se muestra el costo general de adquirir la máquina de lavado que es 47 394,44 soles.

Los recipientes requeridos son dos, uno para recolección y otro para lavado, las mallas de plásticos de 0,9m x 30 m de área 27 m² costo 67,20 soles, de acuerdo a las medidas de la canaleta de 16,20 de largo 0,24 m de ancho ocupa 3,89 m² y de acuerdo a las medidas de los recipientes, el rollo comprado es suficiente para realizar.

Para la compra de las vigas de madera se preguntó en la tienda SODIMAC, cuyo precio es:

- Viga Madera Pino Americano 15cm de espesor 80x140 cm: 98 soles.
- Viga Madera Pino Americano 18cm de espesor 60x140 cm: 54,90 soles.
- Viga Madera Pino Americano 18cm de espesor 60 x 40 cm: 35,60 soles.
- Viga de madera seca 15cm de espesor 1,22x1,44 m: 22,30 soles.

La viga elegida para la elaboración es vigas de madera seca 15cm de espesor 1.22x1.44 m, por ser la más económica, y para la elaboración del recipiente de manera artesanal de acuerdo al diario oficial del Bicentenario El Peruano, se indica que para acabados como este tipo de servicio es de 14,17 soles.

Para la compra del aro que irá en la canaleta se preguntó en una factoría de la ciudad de Chiclayo Factoría del norte S.C.R.L cuyo valor de cada fierro es de 2 soles.

Tabla 65. Determinación del costo de insumos

Insumos	Cantidad	Costo unitario (soles)	Costo (soles)
Recipientes para recolección y lavado	2 unidades	460	3 960
Mallas de plástico	1 rollo	-	196,2
Vigas de madera para recipiente de secado	4 vigas	5,6	22,30
Servicio artesanal para recipiente de secado	-	14,17	14,17
fierro desplegable para canaleta	2	4	8
Detergente	15 kg	-	50
Total			4 242,67

En la tabla 65 se muestra el costo de cada insumo con un total de 4 242,67soles.

3.4.1.4. Costo de producción

Para determinar el número de operarios se tomó en cuenta la capacidad de diseño, que es la salida máxima teoría en un periodo de tiempo. (Bertha Diaz, et al. 2007)

Para calcular la capacidad de diseño del proyecto se empleó los valores de pronóstico de residuo de la tabla 22, tomando el valor 5 040,27 del cuarto trimestre

del año 2018 que fue la cantidad más grande, y considerando que la empresa trabaja 24 días por mes resulta 70 kg/día.

Si por cada kilogramo se emplean 5 min, entonces el requerimiento del periodo por día es 350 min/día (tiempo requerido).

Por lo tanto al aplicar la fórmula:

Tiempo requerido/Tiempo disponible

Como la empresa trabaja 12 horas que cuenta con un tiempo disponible de 720 min/día (tiempo disponible). Se determinó el número de operarios 0,48 al aproximar a un valor entero resulta 1 persona.

De acuerdo a los datos proporcionados por la empresa, el pago a los trabajadores es el que se muestra en la tabla 66.

Tabla 66. Determinación del costo de mano de obra

	Cantidad	Sueldo mensual (soles)	Total anual (soles)	CTS anual de Producción (soles)		Neto a pagar anual (soles)	Neto a pagar mensual (Soles)
				8,33%	9%		
Operario	1	850	10 200	849,66	76,47	11 126,13	927,18

En la tabla 66 se calculó el costo por mano de obra, como se requiere 1 operario para el encargarse del proceso de tratamiento.

3.4.1.5. Costo de construcción de canaleta

De acuerdo al diario oficial del bicentenario El Peruano, fundado el 22 de octubre de 1825 por el libertador Simón Bolívar, el costo de construcción de canaleta de concreto armado (h=0,3m) es 401,89 soles por m², para las medidas de la canaleta de 16,20 de largo 0,24 m de ancho ocupa 3,89 m².

Tabla 67. Factores que intervienen para construcción de canaleta

Factores	Monto (soles)
Instalación tuberías	235
Costo de tuberías	81,06
Costo de mano de obra por m ²	29,69
Costo de concreto	56,14
Total	401,89

Fuente: Normas Legales, 2015

En la tabla 67 se muestra el costo de realización de la canaleta asciende a un monto de 401,89 soles por m² en 3,89 m² 1 531,2 soles.

3.4.2. Beneficio

3.4.2.1. Beneficio por producción

Para determinar el beneficio de esta propuesta de tratamiento, se obtendrá el costo por kilogramo de residuo, para ello se realizará comparación con el costo de materia prima virgen por kilogramo que la empresa adquiere para su producción, el cual se muestra en la tabla 4 que tiene un monto de 7,19 soles/kg. El costo de producción de residuo por kilogramo se determinó en base a los costos hallados.

Tabla 68. Costos de producción de residuo

Costos	Monto soles/mes
Costo de electricidad	351,9
Costo de agua	155,232
Costo de mano de obra	927,18
TOTAL	1 434,312

En la tabla 68 se determinó el monto total de producción de residuo en soles por cada mes.

De acuerdo a los datos proyectados de la tabla 22, la suma total de generación de residuos a partir del tercer trimestre del año 2016 hasta el último trimestre del año 2018 será un total de 42 860,84 kg/mes en 10 trimestres, sacando un promedio por mes (30 meses) resulta 1428,69 kg/mes que es la cantidad aproximada de residuo producida por mes. Por otro lado el costo de producción de residuo 1 434,312 soles/mes, sacando una proporción del promedio de producción de residuo pronosticado entre el costo de producción por mes del residuo resultó 1,00 soles/kg, lo cual sería el costo por producir el residuo tratado.

Por lo tanto el beneficio sería la diferencia del costo de la materia prima con el costo de producción del residuo tratado.

Pero de acuerdo a datos brindados por personas representantes de la empresa, esta compra la materia prima virgen a 7,19 soles/kg pero es de materia prima virgen sin expandir, y la

materia prima usada es la expandida por lo que según la tabla 62 se tiene que el costo de expansión de perlas conforme el consumo de energía de la maquina pre-expansora de la empresa que paga 184,8 soles/mes. Calculando la proporción del costo de expansión entre la cantidad aproximada de residuo producida por mes (1 428,69 kg/mes) resulta 0,129 soles/kg como costo de expansión. Por ende, el costo de materia prima virgen más la expansión es 7,319 soles/kg.

A sí mismo, la diferencia de 7,319 soles/kg que es el costo de producir la materia prima expandida menos el costo de producir el residuo tratado que es 1,00 soles/kg que resulta 6,319 soles/kg que sería el beneficio por materia prima expandida.

Por lo tanto, para determinar la ganancia por mes se tomará como referencia la cantidad aproximada de materia prima expandida a partir del residuo tratado de 1 428,69 kg/mes. Calculando con el beneficio por materia prima expandida 6,319 soles/kg la ganancia será 9 027,89 soles/mes. En un año ascendería a 108 334,71 soles.

3.4.2.2. Beneficio en transporte

De acuerdo a las entrevistas realizadas, la empresa gasta en servicio de transporte para desechar el residuo generado, y gasta en combustible.

De acuerdo a Repsol el precio el galón de gasolina para Lambayeque es 12,55 soles por galón (80 octanos) y el consumo por km de cada galón para el tipo de camión que tiene la empresa, según la información proporcionada por el chofer encargado del transporte. (Ver tabla 69)

Tabla 69. Beneficio por transporte de residuo

	Consumo de km/galón de 80 octanos	Costo soles/galón de 80 octanos de gasolina	Distancia en kilómetros	galón	Viajes por mes	Total soles
Combustible	15	12,55	19	1,27	1	15,85

En la tabla 69 se muestra el beneficio en soles por ahorro en combustible para desechar el residuo, considerando la distancia desde la empresa hasta el botadero de Reque es (ver anexo 11), ya que gracias al sistema de tratamiento se evitará el costo, así como el pago del chofer que según datos proporcionados es 927,18 por mes en 24 días y 12 horas que trabaja la empresa gana 3,21 soles/hora en 30 min sería 1,60 soles. Por lo tanto, el beneficio por transporte resulta 17,45 soles.

3.4.2.3. Beneficio por ahorro de multa

Según la municipalidad de Reque por persona jurídica sanciona con una infracción de 15 UIT (unidad impositiva tributaria) por verter basura que atente en contra de la salud y

medio ambiente y cada UIT según la SUNAT de acuerdo a la base legal D.S. N° 397-2015-EF en el año 2016 se paga 3 950 soles. Por lo tanto, la sanción correspondería 59 250 soles.

3.4.3. Cálculo de costo beneficio

Para determinar el análisis costo beneficio del proyecto se sumaron los costos en general del proyecto (todos) y los beneficios totales para que así se calcule una proporción y resulte la ganancia.

Tabla 70. Costo beneficio del proyecto

	Pagos para realización del proyecto	Soles/año	
Costo	Consumo de energía	1 862,784	117 049,42
	Consumo de agua	4 222,8	
	Maquinaria	47 394,44	
	Insumo	50 912,04	
	Costos de construcción de canaleta	1 531,20	
	Mano de obra	11 126,16	
Beneficio	Beneficio por producción	108 334,71	167 794,11
	Ahorro en transporte	209,4	
	Ahorro en pagos de multas	59 250	
COSTO BENEFICIO			1,43

De acuerdo a la tabla 70 de costo beneficio se concluye que por cada sol invertido se está ganando 0,43 soles.

El periodo de recuperación de acuerdo al beneficio determinado se tiene 167 794,11 soles anuales (12 meses) y 117 049,42 soles en costos que serán recuperados en 7 meses.

IV. CONCLUSIONES

- Las características del residuo del área de moldeo de la Industria Nacional del Poliestireno S.A.C. se encuentran dentro de los requisitos establecidos para el residuo seco es $17,4 \text{ kg/m}^3$, mientras que el residuo de EPS húmedo no cumple con la densidad aparente. Con respecto a la humedad de cada muestra, el resultado del EPS seco también es 3,1%, que sí cumple con dicha característica. lo cual quiere decir que para que el residuo sea utilizado como materia prima e ingrese al área de moldeo tiene que estar seco.
- Del lavado con detergente industrial el EPS tuvo un aspecto muy cercano al color blanco puro que las siguientes pruebas, ya que en el lavado con hidróxido de sodio y peróxido de hidrógeno tuvieron un blanco más opaco, pero en la prueba hipoclorito de sodio se obtuvo que su aspecto fuera más oscuro que los otros.
- El tratamiento consiste en procesar el residuo mediante el lavado con detergente industrial, que permitirá separar las impurezas, dejando las perlas de EPS aptas para su reutilización en la elaboración de cajas de EPS. El sistema de tratamiento de residuos del área de moldeo consiste en la retención del residuo mediante mallas, para luego recepcionarlas y lavarlas en un recipiente de plástico, se enjuagará y finalmente se dejará reposar en un recipiente hecho por mallas para su secado. La empresa cuenta con un área disponible de 72 m^2 para realizar el proceso de tratamiento del residuo, lo cual significa que no incurrirá en costos adicionales para el proceso.
- Mediante la evaluación de los costos se ha logrado obtener un beneficio 0,43 soles por cada sol invertido, lo que significa que sería un nuevo ingreso para la economía de la empresa.

V. RECOMENDACIONES

- Se recomienda tratar el agua que se usará en el proceso de tratamiento mediante lavado de residuo del área de moldeo. Para ello se tendría que realizar un análisis químico de los LMP para los efluentes de PTAR según la tabla 29 para verificar si es, o no es tóxico, en la que se evaluará el contenido de aceites y grasa, demanda bioquímica de oxígeno, temperatura, sólidos totales en suspensión, pH, entre otros. Y será de acuerdo a la cantidad de residuo, agua, y detergente. Si resulta tóxico tendría que elaborarse un sistema de tratamientos para agua residual, y si no resulta tóxico se podría dar un nuevo uso como en los servicios de limpieza, higiénicos, riego, etc.
- Se recomienda tener cuidado al momento de realizar las operaciones para el tratamiento debido a que el material procesado no debe mezclarse con las perlas con impurezas.
- Se recomienda que se pueda proponer un nuevo producto diferente a las cajas de EPS hecho en base al residuo tratado.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ✚ ANAPE, Asociación Nacional de Poliestireno Expandido. 2013. Poliestireno expandido. Visitada en junio del 2015. Disponible en: <file:///C:/20151/tesis/articulos/ANAPE.pdf>
- ✚ Aco, 2016 tenax 05 ACOS ESPECIALS. Malla mosquitero de plástico. Disponible en: <http://www.tenax.com.br/>
- ✚ Alonso Barbosa. 2015. Estudio de la aplicación de tecnologías trenchless en Bogotá. ”. Tesis de maestría. Universidad Católica de Colombia.
- ✚ Arriola, Velásquez. 2013. “Evaluación técnica de alternativas de reciclaje de poliestireno expandido (EPS)”. Tesis de maestría. Universidad de el Salvador.
- ✚ Avendaño A. E. 2015. Panorama actual de la situación mundial, nacional y distrital de los residuos sólidos. Análisis del caso Bogotá D.C. programa basura cero. Universidad de Bogotá, Colombia.
- ✚ Bernal, Cardona, Galvis y Peña. 2002. “Guía de selección tecnológica para el tratamiento de aguas residuales domesticas por métodos naturales”. Visitada en setiembre del 2015. Disponible en: <http://cinara.univalle.edu.co/archivos/pdf/35.pdf>
- ✚ Bouchenneau, Aduato, Antonio, Viana, Adriana y Batista. 2010, “Análisis de Absorción de agua de dos polímeros expandidos: Módulo de flotabilidad en el desarrollo de un submarino mini-robot”. *Redalyc.org*. 20(3): 181-187. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=47015848010>
- ✚ Carrillo Baeza, Caamal Canché, Couoh Nah, Gamboa Castellanos y Cruz Estrada. 2013. “Aprovechamiento de nuevos productos en base a poliestireno expandido recuperado”. *Revista Colombiana de Materiales*. N(5): 15-20. Disponible en: <http://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/materiales/article/viewFile/19081/16475>
- ✚ Daniela López, Paula Rhenals, Maria Tangarife, Katherine Vega, Leidy Rendón, Yesid Vélez y Margarita Ramírez. 2014. “Tratamiento de residuos de Poliestireno Expandido utilizando solventes verdes.” *Dialnet*. 8(1):1-9. Disponible en: <http://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5001674>
- ✚ Diario oficial del bicentenario El Peruano. 2015. Disponible en: <http://busquedas.elperuano.com.pe/normaslegales/aprueban-valores-unitarios-oficiales-de-edificacion-y-valore-resolucion-ministerial-no-286-2015-vivienda-1305437-1/>

- ✚ Dicovskiy Luis. 2012. Análisis de regresión Múltiple. Visitada en agosto del 2016. Disponible en: <https://luisdi.files.wordpress.com/2008/09/primer-a-unidad-regresion-y-correlacion.pdf>
- ✚ Diaz Bertha, Jarufe Benjamin, Noriega Maria, 2007. Disposición en planta. Universidad de Lima. Lima: Fondo editorial.
- ✚ Direct INDUSTRY. 2016 Cotización de máquina MPA.1200.
- ✚ Electronorte S.A. ENSA. 2016. Abastecimiento de servicio eléctrico. Disponible en: <http://www.distriluz.com.pe/ensa/>
- ✚ EPSEL 2016. Costo de consumo de agua. Disponible en: <http://www.epsel.com.pe/Presentacion/Default.aspx>
- ✚ Empolime S.A. 2012. Producción del poliestireno expandido. Visitada en abril del 2015. Disponible en: <http://www.empolime.com/fabricacion-poliestireno-expandido.htm>
- ✚ Factoria del norte S.C.R.L.2016. Entrevista sobre los precios y cotizaciones de piezas.
- ✚ Fabián Avendaño. 2015. “Panorama actual de la situación mundial, nacional y distrital de los residuos sólidos. Análisis del caso Bogotá D.C. programa basura cero”. Tesis de pregrado. Universidad de Bogotá.
- ✚ Faprotec, 2016. Fabricación de productos de tecnopor. Visitada en abril del 2015. Disponible en: <http://faprotec.galeon.com/>
- ✚ Hachi Quintana, José Gabriel Rodríguez Mejía y Juan Diego. 2010. “Proyecto para reciclar envases plásticos de poliestireno por lavado en la ciudad de Guayaquil”. Tesis de pregrado. Universidad Politécnica Salesiana.
- ✚ Hoja de datos de seguridad peróxido de hidrogeno. 2005. CISPROMQUIM. Visitada en Octubre del 2015. Disponible en: http://www.uacj.mx/IIT/CICTA/Documents/Quimicos/Peroxido_de_hidrogeno.pdf
- ✚ Hoja de seguridad del hidróxido de sodio. 2013. Universidad autónoma de México. Visitada en Octubre del 2015. Disponible en: <http://www.quimica.unam.mx/IMG/pdf/2hsnaoh.pdf>
- ✚ Ikoportex. 2010. Reciclaje del poliestireno expandido. Visitada en setiembre del 2015. Disponible en: <http://ikoportex.webnode.es/reciclaje/>
- ✚ Industria del Polipropileno S.A.C. - DIPROPOR S.A.C. noviembre 2014 Directorio InfoEmpresa. Visitada en abril del 2015. Disponible en: <http://www.universidadperu.com/empresas/industria-de-polipropileno-sac-indupol.php>

- ✚ Jimmy Sipion. 2015. Entrevista al Jefe de PLANTA sobre las condiciones de la empresa DIPROPOR.

- ✚ Jorge Dávila. 2015. “Entrevista sobre el transporte de residuo” chofer de la empresa DIPROPOR

- ✚ KRONEN GmbH, 2016. Máquina de lavado GEWA 3850 T PLUS para productos de baja densidad. Disponible en: <http://www.kronen.eu/es/maschinen/gewa3850-t-plus>

- ✚ Ley; Ley general de los residuos Sólidos N° 27314. 2014. Congreso de la república Visitada en abril del 2015. Disponible: <http://www1.umn.edu/humanrts/research/Peru-LEY27314.pdf>

- ✚ Lagos R. 2008. “Proyecto planta recicladora de PET”. Tesis de maestría. Universidad de Chile.

- ✚ Lee Krajewski y Larry Ritzman. 2000. Dirección de operaciones, procesos de cadena de valor. España. Pearson Educación.

- ✚ Maestro. 2016. Lista de cotización en la tienda comercial, Octubre 31.

- ✚ Ministerio del Ambiente. 2010. Normas legales. Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR). Disponible en: <file:///C:/Users/PERSONAL/Downloads/1387.pdf>

- ✚ Molina y Cardona. 2013, “Planta móvil para la recolección y transformación de residuos de poliestireno expandido (EPS)”. Tesis de maestría. Escuela de ingeniería de Antioquia.

- ✚ Municipalidad de Reque. 2015. infracción por verter basura que atente en contra de la salud y medio ambiente

- ✚ Paz, Feliz. 2015. Normas legales. Visitada en Octubre del 2015. Disponible en: http://www.mef.gob.pe/contenidos/servicios_web/conectamef_quechua/pdf/normas_legales_2012/NL20151030.pdf

- ✚ Pere Escorsa y Jaume Valls. 2003. Tecnología e innovación en la empresa. Universidad Politecnica de Catalunya. Barcelona. Edicions UPC.

- ✚ Pere Ramón, Jordi Pere. 2011. Sustitución de agentes químicos por otros menos peligrosos, en la industria. Fundación para la prevención de riesgos laborales. Visitada en Octubre del 2015. Disponible en: http://aetox.es/wp-content/uploads/2012/02/Guia_sustitucion_Agentes_Quimicos.pdf

- ✚ Procedimientos Operativos Estandarizados de Saneamiento. POEs. 2010. Norma de limpieza y desinfección. Perú.

- ✚ Promart. 2016. Lista de cotizaciones en tienda comercial. Noviembre 1.
- ✚ Quintero Peña 2013. “Reciclaje termo - mecánico del poliestireno expandido (Icopor), como una estrategia de mitigación de su impacto ambiental en rellenos sanitarios”. Tesis de maestría. Universidad de Manizales de Colombia.
- ✚ Quiroz, Francisco. 2015. “Diseño del proceso de reciclaje de poliestireno expandido por el método de disolución-precipitación”. Tesis de pregrado Escuela Politécnica Nacional de Ecuador.
- ✚ RAL. Comité Estatal para plazos de entrega y garantía de calidad. 2015. Carta de colores. Visitada en Octubre del 2015. Disponible en: http://www.chatox.com/colores_ral/
- ✚ Repsol. 2016. precio el galón de gasolina para Lambayeque. Disponible en: https://www.repsol.com/pe_es/corporacion/complejos/refineria-la-pampilla/conoce_refineria_pampilla/productos_y_servicios/lista_de_precios/
- ✚ Rey Plast. Listas de precios en tienda para recipientes para lavado. Noviembre 1.
- ✚ Rivera, Pineda. 2011. "Estudio de alternativas para el aprovechamiento del Icopor en Bogotá por medio del reciclaje”. Tesis de posgrado. Universidad Libre de Colombia. Visitada en Mayo del 2015. Disponible en: <http://repository.unilibre.edu.co/handle/10901/3912>
- ✚ Rivera, 2004. Propuesta de reciclaje mecánico de plásticos en la ciudad de Piura. Tesis de pregrado. Universidad de Piura.
- ✚ Ruta distancia 2016. Distancia entre DIPROPOR Chiclayo al Botadero de Reque
- ✚ Samper, Rico, Ferrándiz y López. 2009. Reducción y caracterización del residuo de poliestireno expandido. *Redisa 2008*. 2(3) 23-29. Disponible en: <http://www.redisa.uji.es/artSim2008/tratamiento/A27.pdf>
- ✚ SODIMAC, 2016. Lista de precios de productos para tu hogar. Visitada en Mayo del 2016. Disponible en: <http://www.sodimac.com.pe/sodimac-pe/>
- ✚ SUNAT. 2016. Precio del dólar. Disponible en: <http://www.sunat.gob.pe/cl-at-ittipcam/tcS01Alias>
- ✚ Vernoiry, Gustavo. 2015. DIPROPOR AISLANTES. Visitada en Mayo del 2016. Disponible en: <http://www.indupol.cl/nosotros.php#>
- ✚ Wiliam. 1978. Alternativas de reciclaje. Visitada en Agosto del 2016. Disponible en: <http://www.aiteco.com/diagrama-de-proceso-de-decision>

V.I ANEXOS

Anexo 1. Usos del poliestireno expandido



Figura 10. Planchas de EPS/Fachada

Fuente: DIPROPOR, 2014



Figura 11. Plancha de EPS/Cubierta

Fuente: DIPROPOR, 2014



Figura 12. Dimensión Casetón de EPS

Fuente: FAPROTEC, 2016



Figura 13. Bovedilla de EPS

Fuente: DIPROPOR, 2014

Anexo 2. Líneas de producción



Figura 14. Producto en bloques

Fuente: DIPROPOR, 2014



Figura 15. Caja térmica de EPS

Fuente: DIPROPOR, 2014

Anexo 3. Residuos de la empresa



Figura 16. Residuo de EPS por corte

Fuente: DIPROPOR, 2014



Figura 17. Residuo de EPS por moldeo

Fuente: DIPROPOR, 2014

Anexo 4. Recolección de residuo



Figura 18. Residuos del área de moldeo

Fuente: DIPROPOR, 2014

Anexo 5. Norma brasileira de poliestireno expandido para aislación térmica –
determinación de la masa específica aparente

**NBR – NORMA
BRASILEIRA**

**POLIESTIRENO EXPANDIDO PARA FINS DE
ISOLAÇÃO TÉRMICA – DETERMINAÇÃO DA
MASSA ESPECÍFICA APARENTE**

método de ensaio

**ERRATA Nº 1
MARÇO/1981**

Esta Errata tem por objetivo modificar o texto do MB-1305/80 nas seguintes partes:

a) na página 1, no capítulo 1 Objetivo:

Onde se lê: ... isolação elétrica.

Leia-se: ... isolação térmica.

b) na página 2, no capítulo 4 Geometria do corpo de prova:

Onde se lê: ... tendo suas bases planas e paralelas.

Leia-se: ... tendo a forma de paralelepípedo regular.

ABNT - MB-1305/80

**SISTEMA NACIONAL DE METROLOGIA
NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL**

Palavras-chave: poliestireno - isolação - térmica

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

CB-22 – Comitê Brasileiro de Isolação Térmica
CE-22:2.2 – Comissão de Estudo de Isolantes
Térmicos à Base de Poliestireno Expandido



Todos os direitos reservados

CDU:

1 página

SUMÁRIO

- 1 Objetivo
- 2 Aparelhagem
- 3 Condicionamento
- 4 Geometria do corpo de prova
- 5 Execução do ensaio
- 6 Resultados

1 OBJETIVO

Esta Norma prescreve o método da massa específica aparente de poliestireno expandido, para fins de isolamento elétrica.

2 APARELHAGEM

2.1 Escala

A escala a utilizar deverá permitir leituras com precisão de $(1,0 \pm 0,5)$ mm.

2.2 Micrômetro

O micrômetro deverá ter um apalpador em forma de disco, com diâmetro de $(30 \pm 0,5)$ mm e base no mínimo do mesmo diâmetro. O apalpador deverá apoiar-se no corpo de prova com uma pressão máxima aferida de 1 gf/cm^2 . Este instrumento deverá permitir leituras com precisão de $(0,01 \pm 0,005)$ mm.

2.3 Balança

A balança a utilizar deverá ter uma precisão mínima correspondente a 0,05 g.

3 CONDICIONAMENTO

O material deverá permanecer no mínimo durante 40 h à temperatura de $(23 \pm 2)^\circ\text{C}$ e $(50 \pm 5)\%$ de umidade relativa.

ABNT - MB-1305/80

SISTEMA NACIONAL DE METROLOGIA
NORMALIZAÇÃO E QUALIDADE INDUSTRIAL

Palavras-chave: poliestireno - isolamento - térmica

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS

CB-22 - Comitê Brasileiro de Isolação Térmica
CE-22:2.2 - Comissão de Estudo de Isolantes Térmicos à Base de Poliestireno Expandido



Todos os direitos reservados

CDU:

2 páginas

4 GEOMETRIA DO CORPO DE PROVA

O corpo de prova padrão deverá ter 100 mm x 100 mm x 50 mm, tendo suas bases planas e paralelas. Será admitida a utilização de corpos de prova com dimensões diferentes recortados de peças que assim o exijam, desde que o volume aparente dos mesmos não seja inferior a 25,0 cm³.

5 EXECUÇÃO DO ENSAIO

5.1 Deverão ser ensaiados no mínimo 5 corpos de prova.

5.2 A espessura, o comprimento e a largura dos corpos de prova deverão ser determinados com escala ou micrômetro, utilizando-se a escala para dimensões maiores. Cada dimensão deverá ser determinada em três pontos diferentes, registrando-se o valor médio.

5.3 Os corpos de prova serão a seguir pesados e os resultados anotados para cálculos posteriores

6 RESULTADOS

O resultado será expresso em kg/m³, com aproximação de 0,5%, calculado pela expressão:

$$MEA = \frac{M}{V} 1000$$

onde: MEA = massa específica aparente em kg/m³

M = massa do corpo de prova em g

V = volume calculado do corpo de prova em cm³

O resultado expresso com aproximação de 1%, é a média aritmética dos ensaios efetuados.

**Anexo 6. Norma brasileira de poliestireno expandido para isolamento térmica –
determinación de la absorción de agua por secado en estufa.**

**** VERSÃO EXCLUSIVA PARA PRE-VISUALIZAÇÃO ****

**NORMA
BRASILEIRA**

**ABNT NBR
7979**

Segunda edição
25.06.2007

Válida a partir de
25.07.2007

**Poliestireno expandido para isolamento
térmica—
Determinação absorção de água
secagem em estufa**

*Expanded polystyrene for thermal insulation —
Determination of water absorption*

Palavras-chave: Poliestireno. Isolamento térmico.
Descriptors: Thermal insulation. Polystyrene.

ICS 91.100.69



Número de referência
ABNT NBR 7979:2007

©ABNT 2007

ABNT NBR 7979:2007

© ABNT 2007

Todos os direitos reservados. A menos que especificado de outro modo, nenhuma parte desta publicação pode ser reproduzida ou por qualquer meio, eletrônico ou mecânico, incluindo fotocópia e microfilme, sem permissão por escrito pela ABNT.

Sede da ABNT
Av. Treze de Maio, 13 - 28º andar
20031-901 - Rio de Janeiro - RJ
Tel.: + 55 21 3374-2300
Fax: + 55 21 2220-1762
abnt@abnt.org.br
www.abnt.org.br

Impresso no Brasil

Sumário

Página

1	Escopo	1
2	Materiais	1
3	Aparelhagem	1
4	Preparação do corpo-de-prova	2
5	Procedimento	2
6	Expressão dos resultados	3
7	Relatório de ensaio	3

Poliestireno expandido para isolamento térmica — Determinação de absorção de água secagem em estufa

1 Escopo

Esta Norma especifica um método para determinação da absorção de água em poliestireno expandido para isolamento térmica.

2 Materiais

Água para uso como líquido para imersão.

3 Aparelhagem

Para a execução do ensaio, é necessária a aparelhagem

3.1 Estufa

A estufa tem temperatura de 105 – 110 C.

3.2 Recipiente para água

O recipiente para água deve ter altura mínima de 200 mm e largura e comprimento suficientes que permitam a livre introdução dos corpos-de-prova sem contato entre eles

O recipiente para água pode ser construído em aço inoxidável ou vidro.

O fio utilizado para corte dos corpos-de-prova deve ser de níquel-cromo e eletricamente aquecido.

3.3 Tela de aço inoxidável

São necessárias no mínimo três telas com abertura de 6,5 mm, utilizando um fio de 0,8 mm de diâmetro.

A tela deve possuir dimensões de 150 mm x 100 mm, com uma aba de 20 mm formando um ângulo reto

4 Preparação do corpo-de-prova

- 4.1 Cortar três corpos-de-prova em formato de paralelepípedo regular, com dimensões de 100 mm x 50 mm x 25 mm.
- 4.2 Os resíduos originados pelo corte devem ser retirados do corpo-de-prova com sopro de ar seco.

5 Procedimento

- 5.1 Marcar os corpos-de-prova para a respectiva identificação,
- 5.2 Colocar os corpos-de-prova no recipiente para água com o auxílio do suporte para submersão deles, sob uma coluna de água de (50 ± 1) mm, por um período de (15 ± 1) min.
- 5.3 Retirar os corpos-de-prova do recipiente e colocá-los no suporte para drenagem, na posição de 30° em relação à posição vertical por um período de (15 ± 1) min, para drenagem da água excessiva da superfície.
- 5.4 Pesar os corpos-de-prova e anotar os resultados obtidos como massa inicial.
- 5.5 Os corpos-de-prova devem permanecer no mínimo 4 h do estufa à temperatura de 105°C .
- 5.6 Retirar os corpos-de-prova do estufa

ABNT NBR 7979:2007

5.7 Pesquisar novamente os corpos-de-prova e anotar os resultados obtidos como massa final.

6 Expressão dos resultados

6.2 Os resultados dos ensaios devem ser expressos com aproximação de $\pm 2\%$, através da expressão:

$$a = \frac{m_2 - m_1}{m_1}$$

onde:

a é a absorção de água, em gramas por centímetro quadrado;

m_2 é a massa final, em gramas;

m_1 é a massa inicial, em gramas;

6.2 Calcular a média aritmética dos resultados obtidos em cada corpo-de-prova.

6.3 A variação permitida entre os resultados individuais dos corpos-de-prova não deve exceder 4%.

7 Relatório de ensaio

7.1 O relatório de ensaio deve conter as seguintes informações de cada corpo-de-prova.

- a) dimensões dos corpos-de-prova, em milímetros;
- b) massa inicial, em gramas;
- c) massa final, em gramas;
- d) absorção de água, em porcentagem.

Anexo 7. Análisis experimental en base al procedimiento por la norma NBR 11949 de la determinación de densidad aparente y NBR 7979 de la determinación de humedad del EPS.

Para determinar las características del residuo, se recogió las muestras de la empresa en perlas expandidas antes de ingresar a las máquinas moldeadoras y las perlas después de pasar por el proceso de moldeo, las cuales se convirtieron en residuo. Estas muestras se tomaron de forma manual, y también se seleccionó el EPS almacenado para ser dechado que estaba en condición seca, teniendo muestras de EPS virgen, residuo de EPS seco y residuo de EPS húmedo, el residuo se recogió en bolsas herméticas para que se mantenga en las mismas condiciones al momento de realizar el análisis de las muestras.



Figura 19. EPS virgen

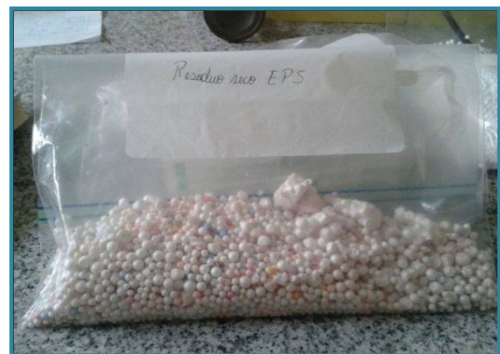


Figura 20. Residuo de EPS seco



Figura 21. Residuo de EPS mojado

A continuación se detallará el los pasos realizados, en el laboratorio de la Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo de la ciudad de Chiclayo y el laboratorio de la empresa Industria Nacional del Poliestireno S.A.C.

Procedimiento

1. Para la caracterización se pesó 5 vasos de precipitación de 250 ml en una balanza analítica y se agregó el EPS en cada uno de los casos a la medida del vaso de 200 ml y se pesó nuevamente para determinar el peso de la masa del material de EPS, para que se pueda calcular la densidad aparente, el proceso se repitió 4 veces más veces para comprobar resultados.



Figura 22. 200ml de EPS virgen

2. $densidad = \frac{masa (g)}{volumen (ml)}$ Luego se realizó la operación respectiva para calcular la densidad aparente del EPS virgen, residuo de EPS seco y residuo de EPS mojado, cuya fórmula es:

EPS virgen

Para calcular la masa, se restó el peso del vaso precipitado 1 y se determinó la densidad aparente con la fórmula dada, el proceso se realizó 5 veces. Los resultados se muestran en la tabla 15.

Residuo de EPS seco, los resultados se muestran en la tabla 16.

Para calcular la masa, se restó el peso del vaso precipitado 2 y se determinó la densidad aparente con la fórmula dada, el proceso se realizó 5 veces.

Residuo EPS húmedo, los resultados se muestran en la tabla 17.

Para calcular la masa, se restó el peso del vaso precipitado 5 y se determinó la densidad aparente con la fórmula dada, el proceso se realizó 5 veces.

Tabla 71. Determinación de la densidad

Tipo de muestra	N° de ensayo	Pesos de Vasos Precipitado (g)	Peso de la masa de EPS y el vaso precipitado (g)	Masa de EPS (g)	Volumen (ml)	Densidad (kg/m ³)
EPS virgen	1	96,5 499	101,345	4,7 952	200	23, 976
	2		101,265	4,7 151	200	23, 576
	3		101,234	4,6 841	200	23,421
	4		101,157	4,6 071	200	23,036
	5		101,481	4,9 313	200	24, 657
EPS seco	1	99,3 404	102,791	3,451	200	17, 255
	2		102,8 822	3,542	200	17, 709
	3		102,864	3,524	200	17, 62
	4		102,902	3,562	200	17,81
	5		102,992	3,652	200	18, 26
EPS mojado	1	94,8 337	104,092	9,259	200	46, 295
	2		104,021	9,187	200	45, 935
	3		104,008	9,174	200	45,872
	4		104,069	9,235	200	46,175
	5		104,547	9,713	200	48, 565

En la tabla 71 se indica los resultados de la caracterización en determinación de la densidad aparente de las muestras de EPS virgen, del residuo de EPS seco y del residuo de EPS mojado.

- Otra de las características del residuo es la humedad, y para determinarlo se pesó 15 placas petri de las cuales se clasificó según las muestras, para el EPS virgen se enumeró del 1-5, para el residuo EPS se enumeró del 5-10 y para el residuo de EPS mojado del 10-15.

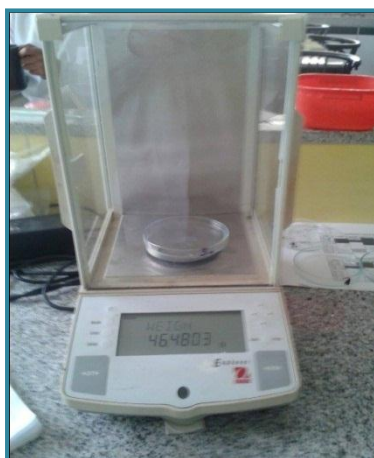


Figura 23. Placa petri

4. Luego se agregó 1g de EPS virgen, EPS seco, EPS húmedo; en cada placa según el EPS correspondiente, para hallar el peso 1.

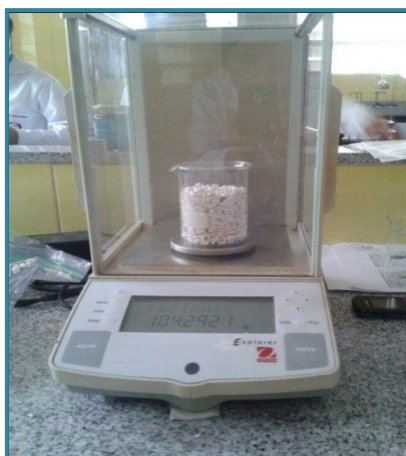


Figura 24. Pesado de EPS



Figura 25. 1g de EPS virgen



Figura 26. 1g de residuo de EPS seco



Figura 27. 1g de residuo de EPS húmedo

- Posteriormente el EPS fue sometido a una estufa por 4 horas a una temperatura de 105°C .



Figura 28. Secado de las muestras de EPS

- Una vez pasada las 4 horas se sacó y pesó las 15 muestras para tener un peso 2.



Figura 29. EPS virgen, después de salir de la estufa



Figura30. Residuo de EPS seco, después de salir de la estufa



Figura 31. EPS húmedo, después de salir de la estufa

7. Finalmente se calculó la humedad con la fórmula dada, los resultados se muestran en la tabla 58
8. $humedad = \frac{Peso1(g) - Peso2(g)}{Peso1(g)} \times 100$ Para hallar el porcentaje de humedad de cada estado del EPS, se calculó mediante la siguiente fórmula

Tabla 72. Determinación de humedad

Muestra	Número de Placa Petri	Humedad (%)
EPS virgen	1	3,16
	2	3,12
	3	3
	4	3,12
	5	3,19
Residuo de EPS seco	6	3,14
	7	3,43
	8	3,19
	9	3,18
	10	3,13
Residuo de EPS húmedo	11	59,94
	12	61,34
	13	61,30
	14	62,98
	15	68,84

En la tabla 72 se indica los resultados de la caracterización en determinación de la humedad de las muestras de EPS virgen, del residuo de EPS seco y del residuo de EPS mojado.

Anexo 8. Análisis experimental para el lavado del residuo del área de moldeo

Anexo 8.1. Lavado de residuo de EPS húmedo con detergente industrial



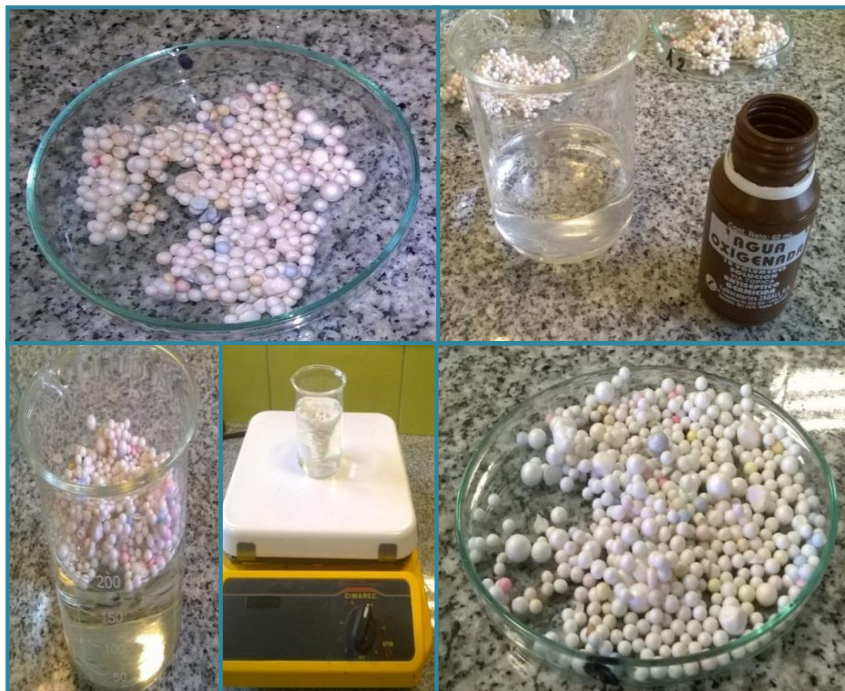
Figura 32. Procedimiento de lavado del residuo de EPS húmedo con detergente industrial

Anexo 8.2. Lavado de residuo de EPS húmedo con hidróxido de sodio (Soda caustica)



Figura 33. Lavado del residuo de EPS húmedo con hidróxido de sodio (Soda caustica)

Anexo 8.3. Lavado de residuo de EPS húmedo con peróxido de hidrogeno (Agua oxigenada)



Anexo 8.4. Lavado del residuo de EPS húmedo con hipoclorito de sodio (lejía)

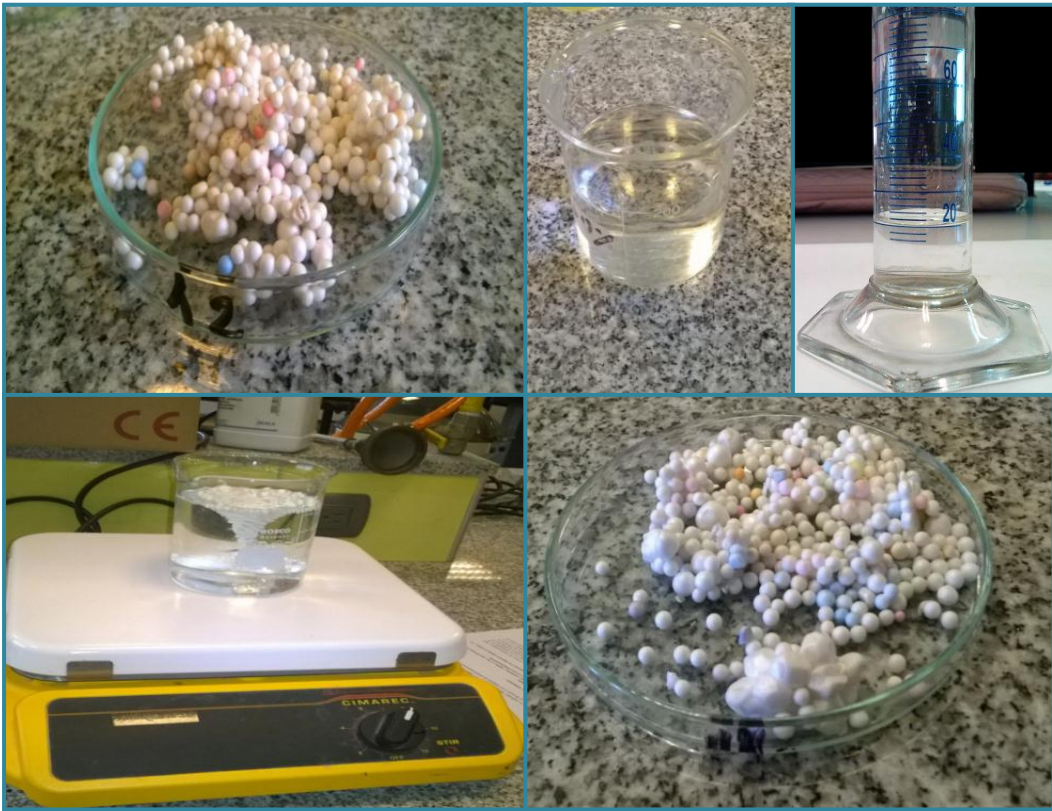


Figura 35. Lavado del residuo de EPS húmedo con hipoclorito de sodio (lejía)

Anexo 9. Caracterización de las pruebas de lavado

Para el cálculo de las características del resultado de las pruebas realizadas en el anexo 8, se aplicó el mismo procedimiento del anexo 7 para determinar la densidad aparente y la humedad después de haberse realizado el lavado. (Ver tabla 73)

Tabla 73. Determinación de la densidad aparente de las pruebas de lavado

Pruebas realizadas	Número de muestra	Pesos de placa petri (g)	Peso de la masa de EPS y placa petri (g)	Peso final de las muestras (g)	Volumen (ml)	Densidad aparente (kg/m ³)
Prueba 1	1	45,3	45,8	0,5	25	20
	2	46,4	46,9	0,5	25	20
	3	46,2	46,7	0,5	25	20
	4	45,7	46,2	0,5	25	20
	5	48,2	48,7	0,5	25	20
Prueba 2	6	47,5	48,0	0,5	25	19
	7	48,7	49,1	0,4	24	17
	8	48,1	48,6	0,5	26	19
	9	45,9	46,3	0,4	26	15
	10	43,8	44,2	0,4	25	16
Prueba 3	11	46,6	47,1	0,5	26	19
	12	43,9	44,4	0,5	26	19
	13	44,7	45,1	0,4	25	16
	14	46,4	46,8	0,4	26	15
	15	44,9	45,4	0,5	26	19
Prueba 4	16	48,3	48,7	0,4	25	16
	17	45,7	46,1	0,4	25	16
	18	44,6	45,1	0,5	26	19
	19	46,2	46,7	0,5	25	20
	20	47,5	47,9	0,4	25	16

En la tabla 73 se muestra la determinación de la densidad aparente de las pruebas de lavado realizadas en 5 veces repetitivas.

Tabla 74. Determinación de humedad

Pruebas realizadas	Número de ensayo	Pesos de placa petri (g)	Peso de la masa de EPS y placa petri (g)	Peso inicial de las muestras (g)	Peso final de las muestras (g)	Humedad (%)
Prueba 1	1	45,3	45,7	1	0,4	60
	2	46,5	46,9	1	0,4	60
	3	47,4	47,9	1	0,5	50
	4	45,9	46,3	1	0,4	60
	5	48,2	48,7	1	0,5	60
Prueba 2	6	47,5	48	1	0,5	50
	7	46,9	47,5	1	0,6	60
	8	47,8	48,2	1	0,4	60
	9	48,7	49,1	1	0,4	60
	10	43,8	44,2	1	0,4	60
Prueba 3	11	46,6	47,1	1	0,5	60
	12	46,4	46,8	1	0,4	60
	13	46,9	47,4	1	0,5	60
	14	43,9	44,4	1	0,5	60
	15	44,9	45,4	1	0,5	50
Prueba 4	16	48,3	48,7	1	0,4	60
	17	45,5	45,9	1	0,4	60
	18	45,7	46,2	1	0,5	50
	19	45,7	46,1	1	0,4	60
	20	46,9	47,5	1	0,6	60

En la tabla 74 se muestra la determinación de la humedad de las pruebas de lavado realizadas en 5 veces repetitivas.

Anexo 10: Cotización de maquinaria

Su petición ha sido recepcionada en KRONEN GmbH

info@kronen.eu
Hoy, 02:45 p.m.
Usted

Responder

KRONEN
Nahrungsmitteltechnik

KRONEN Foodtech - Peticiones

¡Buenos días!

Hemos recibido su petición. [A continuación encuentra los datos de su agente correspondiente.](#)

Nombre: Sra. Mandy Knobel
Calle: Römerstr. 2a
Código Postal y Ciudad: 77694 Kehl
Teléfono: Tel: +49 7854 96 46 208
Fax: Fax: +49 7854 96 46 5208
Correo electrónico: mandy.knobel@kronen.eu
Sitio en internet: <http://www.kronen.eu>

Precio FOB: US: \$10800 Unidad
Puerto: [qingdao.shanghai.Dalian.Guangzhou And Any other china port.](#)
Cantidad de pedido mínima: Capacidad de suministro: 200 Unidad/es por Mes
Condiciones de pago: [L/C,T/T,WesternUnion,MoneyGram,Cash and tradeassurance](#)

KRONEN
Nahrungsmitteltechnik

KRONEN GmbH
Römerstraße 2a
D-77694 Kehl am Rhein
Tel +49 (0)78 54 - 96 46 - 0
Fax +49 (0)78 45 - 96 46 - 500
Mail info@kronen.eu Internet www.kronen.eu

Figura 36. Cotización de máquina GEWA 3850 T PLUS

Su solicitud a la empresa METALBUD NOWICKI



DirectIndustry
Hoy, 03:05 p.m.
Usted



Responder



Muy señores míos:

Le confirmamos que su solicitud ha sido enviada hoy mismo a la empresa METALBUD NOWICKI.
Para conocer el estado de sus solicitudes, conéctese a [myDirectIndustry](#) o cree su cuenta.

Resumen de su solicitud:



recibir un presupuesto

COTIZACIÓN DE MAQUINA

precio del producto con ICV: \$ 15200

Producto



máquina de lavado química / automática /
para la industria química
MPA-1200

Figura 37. Cotización de máquina de lavado químico MPA 1200

Anexo 10: Instalación de maquinaria



Aprueban Valores Unitarios Oficiales de Edificación y Valores Unitarios a costo directo de algunas Obras Complementarias e Instalaciones Fijas y Permanentes para Lima Metropolitana y la Provincia Constitucional del Callao, la Costa, Sierra y Selva, para el Ejercicio Fiscal 2016

RESOLUCIÓN MINISTERIAL

ANEXO III
CUADROS DE VALORES UNITARIOS A COSTO DIRECTO DE ALGUNAS OBRAS COMPLEMENTARIAS E INSTALACIONES FIJAS Y PERMANENTES PARA LIMA METROPOLITANA Y PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO, COSTA, SIERRA Y SELVA - EJERCICIO FISCAL 2016

ANEXO III.1
VALORES UNITARIOS A COSTO DIRECTO DE ALGUNAS OBRAS COMPLEMENTARIAS E INSTALACIONES FIJAS Y PERMANENTES LIMA METROPOLITANA Y PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO AL 31 DE OCTUBRE DE 2015

Item	Descripción de las obras complementarias e instalaciones fijas y permanentes	Descripción componente	Unidad medida	V. U 2016 S/.
42	Bóvedas	Bóveda de concreto armado reforzado	m ³	1,056.29
43	Balanzas industriales	Balanza industrial de concreto armado (obra civil)	m ³	539.24
44	Postes de alumbrado	Poste de concreto/ferro que incluye un reflector	und	1,372.14
45	Bases de soporte de maquinas	Dados de concreto armado	m ³	1,215.89
46	Caja de registro de concreto	Caja de registro de concreto de 24" x 24"	und	222.68

Figura 38. Costo de instalación de la máquina GEWA 3850 T PLUS

Anexo 11: Distancia de la empresa DIPROPOR hacia el botadero de Reque

The screenshot shows the 'Ruta Distancia' website interface. At the top left is the logo for 'Ruta Distancia' with the URL 'rutadistancia.com'. To the right, there are two input fields: 'Desde: DIPROPOR Chiclayo, Lambayeque' and 'Hasta: Botadero Reque, Lambayeque'. A 'Calcular Distancia' button is positioned to the right of the 'Hasta' field. Below the input fields is a breadcrumb trail: 'Distancia entre ciudades > Peru > Lambayeque > Chiclayo > Distancia entre Chiclayo a Reque'. A row of six small images follows, including a machine, a green container, a pillar, a white bag, a pile of yellow material, and a blue container. To the right of these images is an 'Alibaba.com' logo with the tagline 'Global trade starts here.' Below this row is the heading 'Distancia entre Chiclayo (Lambayeque) a Reque - Peru'. The main text states: 'La distancia entre Chiclayo Lambayeque y Reque Lambayeque es de **19,0 km**. El tiempo aproximado de la ruta de viaje entre las dos ciudades es de aproximadamente **30 min**.' Below this is the section 'Ruta Detallada' which contains a blurred map image. To the right of the map is an advertisement for 'Guangzhou to Qingdao Flight,' featuring a blue whale logo.

Figura 39. Distancia entre la empresa DIPROPOR y el botadero de Reque