

Universidad de Costa Rica  
Sede Rodrigo Facio  
Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Industrial

Proyecto de Graduación


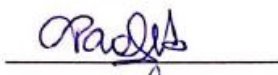



*Diseño de un modelo de negocio colaborativo para un servicio de recolección, tratamiento y valorización del vidrio laminado desechado.*

Juliana Hidalgo Montealegre  
Lucía Romero Pacheco  
Natalia Vega Pérez

Para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial

Mayo, 2019

## Aprobación del Proyecto

	Firma	Fecha
Inga. Evelyn Salas Valerio Representante de la Dirección		<u>13/5/2019</u>
Inga. Paola Gamboa Hernández Directora del Comité Asesor		<u>13/05/2019</u>
Inga. Marco González Víquez Asesor Técnico		<u>13/05/2019</u>
Dr. Sergio Musmanni Sobrado Profesional Contraparte		<u>3.05.19</u>
Inga. Carolina Vásquez Soto Profesora Lectora		<u>13/05/2019</u>

## Dedicatoria

### **Juliana Hidalgo Montealegre**

Dedico este proyecto a mi familia, por todo el apoyo que me han dado para alcanzar mis metas. Papi, Mami, Mari y Dani, gracias por su amor incondicional, por creer en mí e impulsarme a ser cada día mejor.

Para Maru, mi ángel que siento todos los días y Abi, el ingeniero cuyos pasos quiero seguir. Gracias a los dos por adoptarme. Son un ejemplo de vida que trato de reflejar en mí todos los días.

### **Lucía Romero Pacheco**

Dedico este proyecto a mi familia, por todo el apoyo y amor incondicional brindado a lo largo del proceso. A Pipo, por enseñarme a creer en mí y ser un ejemplo de un gran profesional, a Nori por todos sus consejos y por sembrar en mi la conciencia ambiental y a Migue y Alex por toda su ayuda.

### **Natalia Vega Pérez**

Dedico este proyecto a mis tres héroes y a mis dos ángeles:

Jonathan, la fuente de motivación sin cuya guía ni hubiera empezado ésta, la carrera de mis sueños. Ma, la roca fuerte que me ha sostenido desde el día uno. Piyi, mi príncipe azul que me ha inspirado a luchar por las cosas que amo. Tita, la reina de mi universo cuya sonrisa veo cada vez que cierro los ojos. Cris, mi eterno modelo a seguir que me enseñó a ser libre y a buscar siempre dar lo mejor de mí.

## Agradecimientos

Un agradecimiento especial a los miembros del Panel de Graduación, la profesora Paola Gamboa, el profesor Marco Gonzáles y Sergio Musmanni por haber aceptado ser parte del proyecto y brindar su guía y apoyo durante el desarrollo de este. Este es un proyecto que nos deja más que un aprendizaje académico.

Además, agradecemos a todas las personas que dispusieron de su tiempo para aportar su conocimiento a lo largo de este proceso.

Sin el aporte brindado por cada uno de ustedes, no hubiera sido posible desarrollar este modelo emprendedor.

## Resumen Gerencial

El presente trabajo consiste en un proyecto de graduación para optar por el grado de Licenciatura en Ingeniería Industrial, en el cual se desarrolla un emprendimiento enfocado en el reciclaje de vidrio laminado.

El vidrio laminado consiste en dos hojas de vidrio con una capa de butiral de polivinilo (PVB) en medio. Éste es un polímero que permite que, en caso de que el vidrio sea impactado, no se desprendan partículas filosas. Su principal uso es para la elaboración de parabrisas, donde 10% corresponde a PVB.

El proyecto se divide en cuatro etapas: propuesta de la idea de negocio, diagnóstico, diseño y validación. En la propuesta del proyecto se plantea como justificación que, debido a la adhesividad del polímero, los gestores de residuos no reciben este material para su procesamiento, por lo que en Costa Rica, este residuo se deposita únicamente en los sitios de disposición final (SDF). A partir de esta situación, surge la oportunidad de proveer una solución limpia a las empresas nacionales para el aprovechamiento de los recursos, mediante la recuperación del vidrio laminado y su transformación en productos comercializables. Para esto, se define que el negocio debe ofrecer el servicio de recolección, tratamiento y valorización del vidrio laminado, con el propósito de convertirlo en vidrio pulverizado y PVB libre de impurezas.

En la etapa de diagnóstico, se realiza un estudio de mercado con el fin de identificar los comportamientos y rasgos de los dos sectores de clientes a los cuales se enfoca el proyecto: los clientes del servicio de recolección y de los productos finales. Debido a esto, se cuantifican los residuos generados de vidrio laminado proveniente de parabrisas. Para el servicio de recolección se consideran principalmente Empresas Independientes de Aseguradoras (EIAs) y talleres de enderezado y pintura, negocios enfocados en el cambio de parabrisas. Se analizan las empresas ubicadas en la Gran Área Metropolitana, Palmares y Grecia, ya que es en estos sectores se concentra la mayor cantidad de empresas, representando un 83% de las EIAs y un 71,5% de los talleres en el país. Además, estas zonas producen alrededor del 83% de la totalidad del residuo de parabrisas generado a nivel nacional.

Para los compradores del producto final, se realizan visitas a distintos tipos de industrias. Para el caso del vidrio pulverizado, se estudia la posibilidad de utilizarlo en la producción de clínker (materia prima del cemento), directamente en el cemento (como sustituto de la puzolana) o como remplazo de los agregados en el concreto prefabricado y premezclado. Entre las empresas visitadas se encuentran CEMEX, Productos de Concreto, Concretera Nacional y MECO. Se identifica que el mercado donde existe un mayor beneficio para el proyecto es en el concreto, definiendo como clientes principales a Productos de Concreto y Concretera Nacional, esto debido a que estudios demuestran que el vidrio le agrega resistencia. Para el caso de la resina de PVB, se analiza la posibilidad de usarlo en la producción de alfombras, pinturas y adhesivos, vidrio laminado y hule. Las empresas visitadas para el estudio son Alfombras Artísticas Montoya, Grupo SUR, Extralum y Hulera Costarricense. A pesar de su amplia gama de aplicaciones, se define como enfoque la producción de adhesivos y barnices, teniendo como principal comprador Grupo SUR.

De acuerdo con los estudios realizados, se estima que se logra recuperar alrededor de 32 000 kg de vidrio pulverizado y 4 000 kg de PVB mensualmente en un escenario normal. Para el primer caso, se divide en partes iguales la cantidad de producto recuperado entre Productos de Concreto y Concretera Nacional, mientras que para el segundo caso, Grupo SUR absorbe el total de la producción.

Asimismo, en la etapa de diagnóstico se realiza un análisis de la legislación aplicable al negocio, donde se identifica la reglamentación asociada a la Gestión Integral de Residuos y se determina que no existen restricciones ni barreras legales para el desarrollo del mismo, por el contrario, el gobierno debe de impulsar este tipo de iniciativas, promoviendo el Plan Nacional de Descarbonización y la meta de ser un país Carbono Neutral

A partir de los resultados obtenidos en el capítulo anterior, se desarrolla la etapa de diseño en cinco actividades principales: proceso de recolección, proceso productivo, producto mínimo viable, diseño de planta y plan de mercadeo y ventas. Primeramente, se definen las rutas de recolección de los parabrisas, por medio de la sectorización e identificación de clúster, tomando en cuenta aspectos como volumen generado, distancia y cantidad de tiempo en ruta. Se identifican un total de ocho rutas para la recolección y tres rutas para entrega de producto, utilizando un camión de cuatro toneladas de cabina cerrada.

Para el proceso productivo, se identifica que actualmente, a nivel mundial, existen tres procesos de transformación del vidrio laminado. Se decide utilizar el proyecto del Centro Tecnológico Luderra junto con la Comisión Europea (España) ya que permite obtener productos capaces de ser utilizados como materia prima en otros procesos industriales. Por lo tanto, se procede a realizar el proceso de adaptabilidad a condiciones nacionales, donde se determina que se requieren cuatro módulos. El primero consiste en la trituración del vidrio laminado, mediante una sierra de banda y un separador de vidrio laminado. En este punto, el proceso se divide en dos ramas: el tratamiento del PVB y el del vidrio. En el primero de estos se encuentra el segundo módulo, purificación del PVB, donde se utiliza un reactor químico y una extrusora. En el tercero se realiza el acondicionamiento del PVB, donde nuevamente se requiere procesar el polímero en el reactor. Por otro lado, en la rama del vidrio, se encuentra el cuarto módulo donde se realiza la pulverización del mismo mediante un molino de bolas. El equipo necesario para el proceso productivo tiene un costo de \$ 29 674,43.

Posteriormente, para la definición del producto mínimo viable (PMV), se efectúan ensayos para la trituración del parabrisas, la pulverización del vidrio y la preparación de la resina de PVB, donde se determina la posibilidad de escalar los resultados a nivel industrial. Al obtener los materiales resultantes, se les aplican pruebas de laboratorio de las cuales se determina que, tanto el vidrio como el PVB, pueden ser reinsertados en la industria como sustitutos de compuestos vírgenes. El vidrio puede remplazar un 10% de agregados en concreto y el PVB se mantiene con relación 1:1 con respecto al PVB virgen.

Seguidamente, se realiza el análisis de la ubicación de los clientes tanto del servicio de recolección como de producto final, volumen generado y disponibilidad del local, y se identifica que la localización óptima de la planta es en La Uruca. Por lo que se selecciona una nave industrial en esta localidad que cumpla con la reglamentación y requerimientos espaciales. A partir de la identificación del local, se elabora el diseño de planta tomando en cuenta análisis de flujos y recorridos.

De acuerdo con el plan de mercadeo y ventas, se define que tanto para la prestación del servicio y la venta de los productos, se utiliza un canal directo con los clientes basadas en vía telefónica, virtual o presencial. La imagen a proyectar del negocio, debe plasmar la identidad de una empresa sólida, comprometida y de calidad y esto se busca a través de la definición de su nombre, Recovil.

Finalmente, en la etapa de validación se evalúa el modelo de negocio en tres aspectos principales: impacto ambiental, aceptación de la idea de negocio y viabilidad económica. En el estudio de Análisis de Ciclo de Vida, se determina que con el proyecto se logra una disminución de 42,76 kg CO<sub>2</sub> equivalente por parabrisas en contraste con la situación actual donde se depositan en los SDF sin recibir un tratamiento. Con esto, se logra una reducción total de 132 556 kg CO<sub>2</sub> equivalente, durante un mes en un escenario normal. Esto equivale a las emisiones provocadas por un automóvil que recorre el trayecto de La Cruz de Guanacaste a Paso Canoas 740 veces ida y vuelta.

Por medio del análisis de aceptación del negocio se identifica que un 92% de los clientes se encuentra interesado por contar con un servicio de recolección del vidrio laminado, pagando un total de €35 000 por tonelada de residuo. Además, su interés aumenta al conocer que recibirían un certificado que haga constar sus esfuerzos por buscar soluciones ambientalmente responsables para sus desechos.

Por último, se realiza un análisis financiero para conocer la viabilidad del negocio. Para ello se desarrolla el estado de resultados por medio del cálculo de los ingresos y costos asociados a la venta de los bienes y servicios ofrecidos los cuales corresponden a 4 225 millones y 2 461 millones de colones respectivamente para un periodo de 10 años. Junto con éste y el análisis de inversiones e intereses se lleva a cabo el estudio del flujo de efectivo en un periodo de 10 años con el cual se calculan los indicadores financieros. De esta forma se obtiene un valor actual neto de 222 millones de colones para el proyecto y de 28 millones de colones para el recurso propio. Asimismo, la tasa interna de retorno y el índice de deseabilidad para el proyecto son de 37,63% y 3,25 para el proyecto y de 44,70% y 2,17 para el recurso propio. Finalmente, se analiza la sensibilidad financiera tomando en cuenta las variables de mayor impacto para la operación de la empresa las cuales consisten en el tipo de cambio del dólar, el precio de la electricidad y la tasa de crecimiento de accidentes automovilísticos para las cuales se obtienen como valores límite 590 colones, 500% y 14% respectivamente.

Con el proyecto se concluye que existe un interés por parte de los clientes del servicio de recolección de optar por una solución limpia para la disposición de los parabrisas, donde se determina que tanto el vidrio como el PVB, pueden ser reinsertados en la industria como sustitutos de compuestos vírgenes, generando una disminución en los gases de efecto invernadero.

## Índice

<b>Introducción.....</b>	<b>17</b>
<b>Capítulo I: Propuesta de Proyecto .....</b>	<b>19</b>
<b>1.1 Justificación del proyecto.....</b>	<b>19</b>
1.1.1 Descripción de la idea de negocio .....	19
<b>1.2 Alcance .....</b>	<b>19</b>
<b>1.3 Descripción del mercado.....</b>	<b>20</b>
1.3.1 Clientes potenciales .....	20
1.3.2 Competencia.....	21
<b>1.4 Justificación de la oportunidad.....</b>	<b>21</b>
<b>1.5 Oportunidad del negocio .....</b>	<b>23</b>
<b>1.6 Beneficios de la oportunidad.....</b>	<b>23</b>
<b>1.7 Objetivo General e Indicadores de Éxito .....</b>	<b>24</b>
1.7.1 Objetivo General.....	24
1.7.2 Indicadores de éxito .....	24
<b>1.8 Limitaciones .....</b>	<b>24</b>
<b>1.9 Marco de referencia teórico.....</b>	<b>25</b>
1.9.1 Modelo del negocio .....	25
1.9.2 Parabrisas de automóviles .....	26
1.9.3 Desarrollo Sostenible.....	28
<b>1.10 Metodología general .....</b>	<b>32</b>
<b>1.11 Cronograma de trabajo.....</b>	<b>34</b>
<b>Capítulo II: Diagnóstico .....</b>	<b>35</b>
<b>2.1 Objetivos de la fase de diagnóstico .....</b>	<b>35</b>
2.1.1 Objetivo general .....	35
2.1.2 Objetivos específicos .....	35
<b>2.2 Metodología de la fase de diagnóstico .....</b>	<b>35</b>
<b>2.3 Caracterización del mercado .....</b>	<b>36</b>
2.3.1 Usuarios del servicio de recolección .....	36
2.3.2 Compradores del producto final .....	39
<b>2.4 Análisis de demanda.....</b>	<b>45</b>
2.4.1 Usuarios de servicio de recolección.....	45
2.4.2 Compradores de producto final.....	46
<b>2.5 Estudio legal .....</b>	<b>48</b>
2.5.1 Legislación aplicable a la formación de un negocio .....	48
2.5.2 Reglamentación asociada a la Gestión Integral de Residuos .....	50
<b>2.6 Conclusión del diagnóstico.....</b>	<b>53</b>
<b>Capítulo III: Diseño .....</b>	<b>54</b>



<b>3.1</b>	<b>Objetivos de diseño .....</b>	<b>54</b>
3.1.1	Objetivo general .....	54
3.1.2	Objetivos específicos .....	54
<b>3.2</b>	<b>Metodología de diseño .....</b>	<b>54</b>
<b>3.3</b>	<b>Estudio del proceso de recolección y entrega del producto final .....</b>	<b>56</b>
3.3.1	Ruteo del servicio de recolección .....	56
3.3.2	Ruteo para el servicio de entrega del producto terminado .....	67
3.3.3	Calendarización del servicio de recolección y entrega del producto final .....	68
3.3.4	Análisis de posibles proveedores de vehículos .....	69
3.3.5	Opciones para tercerizar servicio de transporte.....	69
3.3.6	Selección del proceso de recolección .....	70
3.3.7	Costos asociados al proceso de recolección y entrega de producto final .....	70
3.3.8	Ciclo de servicio .....	71
<b>3.4</b>	<b>Establecimiento del proceso productivo .....</b>	<b>72</b>
3.4.1	Procesos de transformación existentes .....	72
3.4.2	Capacidad requerida del proceso productivo .....	74
3.4.3	Proceso de adaptabilidad a condiciones nacionales .....	74
3.4.4	Flujo del valor del producto .....	75
3.4.5	Mapa de interacción de procesos .....	78
3.4.6	Riesgos y oportunidades.....	79
<b>3.5</b>	<b>Equipo requerido y especificaciones.....</b>	<b>79</b>
3.5.1	Costo del equipo requerido .....	81
<b>3.6</b>	<b>Insumos requeridos para proceso productivo .....</b>	<b>82</b>
3.6.1	Caracterización de los materiales .....	82
3.6.2	Listado de proveedores .....	83
3.6.3	Costos de los insumos requeridos .....	84
3.6.4	Costos de los materiales auxiliares .....	84
<b>3.7</b>	<b>Recursos humanos requeridos .....</b>	<b>84</b>
3.7.1	Caracterización del talento humano y costos asociados.....	84
<b>3.8</b>	<b>Producto Mínimo Viable .....</b>	<b>85</b>
3.8.1	Pruebas de separación de vidrio laminado y PVB .....	86
3.8.2	Pruebas de laboratorios.....	98
3.8.3	Producto final .....	103
<b>3.9</b>	<b>Diseño y localización de instalaciones .....</b>	<b>104</b>
3.9.1	Localización de planta de operación.....	104
3.9.2	Diseño de planos de distribución.....	108
3.9.3	Selección de planta de operación .....	114
3.9.4	Costos de las instalaciones .....	116
<b>3.10</b>	<b>Plan de mercadeo y ventas .....</b>	<b>118</b>
3.10.1	Objetivos de marketing .....	118
3.10.2	Canales de distribución.....	119
3.10.3	Promoción del producto y servicio .....	119

3.10.4	Plan de introducción al mercado .....	123
3.10.5	Sistema y plan de ventas .....	123
<b>3.11</b>	<b>Conclusiones de la fase de diseño .....</b>	<b>123</b>
<b>Capítulo IV:</b>	<b>Validación .....</b>	<b>125</b>
<b>4.1</b>	<b>Objetivos de validación.....</b>	<b>125</b>
4.1.1	Objetivo general .....	125
4.1.2	Objetivos específicos .....	125
<b>4.2</b>	<b>Metodología de validación.....</b>	<b>125</b>
<b>4.3</b>	<b>Evaluación del impacto ambiental.....</b>	<b>126</b>
4.3.1	Objetivo del estudio .....	126
4.3.2	Definición del alcance .....	127
4.3.3	Caracterización de los parabrisas .....	128
4.3.4	Caracterización del transporte .....	128
4.3.5	Inventario de datos.....	129
4.3.6	Resultados y análisis de ACV.....	129
4.3.7	Plan Nacional de Descarbonización .....	131
<b>4.4</b>	<b>Análisis de aceptación de la idea de negocio por parte de los clientes .....</b>	<b>132</b>
4.4.1	Metodología .....	132
4.4.2	Resultados de entrevista .....	132
<b>4.5</b>	<b>Análisis de viabilidad económica.....</b>	<b>135</b>
4.5.1	Estado de resultados .....	135
4.5.2	Flujos de efectivo.....	137
4.5.3	Indicadores de rentabilidad .....	142
4.5.4	Análisis de sensibilidad .....	144
<b>4.6</b>	<b>Análisis de riesgo.....</b>	<b>146</b>
<b>4.7</b>	<b>Conclusiones de la fase de validación .....</b>	<b>148</b>
<b>Conclusiones .....</b>		<b>150</b>
<b>Recomendaciones .....</b>		<b>151</b>
<b>Aspectos a considerar para etapas posteriores.....</b>		<b>152</b>
<b>Bibliografía.....</b>		<b>153</b>
<b>Acrónimos y abreviaturas.....</b>		<b>163</b>
<b>Glosario .....</b>		<b>164</b>
<b>Apéndices .....</b>		<b>165</b>
<b>Anexos.....</b>		<b>177</b>

## Índice de tablas

Tabla 2. Metodología para el desarrollo de la etapa de diagnóstico. ....	32
Tabla 3. Metodología para el desarrollo de la etapa de diseño. ....	32
Tabla 4. Metodología para el desarrollo de la etapa de validación. ....	34
Tabla 5. Cronograma de trabajo para el desarrollo del proyecto. ....	34
Tabla 6. Metodología para el desarrollo de la etapa de diagnóstico. ....	35
Tabla 7. Cálculo del total de parabrisas desechados por las EIAs y talleres de enderezado y pintura a nivel poblacional para cada escenario. ....	46
Tabla 8. Demanda de vidrio pulverizado. ....	46
Tabla 9. Demanda de PVB. ....	47
Tabla 10. Porcentaje de la demanda requerida por los potenciales clientes respecto a oferta. ....	47
Tabla 11. Metodología utilizada para el desarrollo de la etapa de diseño. ....	54
Tabla 12. Ubicación de EIAs y Talleres de Enderezado y Pintura según provincia. ....	56
Tabla 13. Clúster de clientes del servicio de recolección de parabrisas. ....	57
Tabla 14. Resumen de resultados del ruteo obtenido por medio del método NNP. ....	58
Tabla 15. Resumen de resultados del ruteo por medio de la optimización de la herramienta Route4Me. ....	59
Tabla 16. Análisis de la flotilla requerida según tonelaje requerido para cada una de las rutas. ....	65
Tabla 17. Frecuenciamensual del servicio de recolección para cada una de las rutas. ....	66
Tabla 18. Volumen requerido por cada una de las rutas para cubrir la demanda de los clientes del servicio de recolección ....	66
Tabla 19. Simulación mensual del comportamiento del servicio de entrega de producto final y recolección de parabrisas. ....	68
Tabla 20. Modelos de camiones tipo furgón de cuatro toneladas en el mercado. ....	69
Tabla 21. Especificaciones técnicas de la sierra de banda seleccionada. ....	80
Tabla 22. Especificaciones técnicas del separador de material seleccionado. ....	80
Tabla 23. Especificaciones técnicas del reactor químico seleccionado. ....	81
Tabla 24. Especificaciones técnicas de la extrusora seleccionada. ....	81
Tabla 25. Costo de la maquinaria para el proceso productivo ....	82
Tabla 26. Costo por materiales requeridos para la producción. ....	84
Tabla 27. Salarios y cargas patronales del recurso humano ....	85
Tabla 28. Gastos totales del recurso humano mensualmente ....	85

Tabla 29. Resumen de las pruebas realizadas por parte del equipo de trabajo. ....	97
Tabla 30. Temperatura de inicio y final de los programas de calentamiento aplicado para la determinación de la temperatura de transición vítrea. ....	99
Tabla 31. Resultados de prueba de resistencia del cemento después de 14 días. ....	102
Tabla 32. Características del vidrio pulverizado comercializado por Recovil. ....	103
Tabla 33. Características del PVB comercializado por Recovil. ....	103
Tabla 34. Distritos con el mayor porcentaje de clientes respecto a la totalidad de interesados en el servicio de recolección. ....	105
Tabla 35. Distritos con el mayor porcentaje de volumen de parabrisas generado según la totalidad de EIAs. ....	105
Tabla 36. Distancia de los principales clientes del producto final respecto a los principales distritos generadores de parabrisas. ....	106
Tabla 37. Escala Likert para el porcentaje de clientes interesados en el servicio de recolección. ....	106
Tabla 38. Escala Likert para el porcentaje de volumen de parabrisas generado por las EIAs. ....	107
Tabla 39. Escala Likert según la cercanía de los clientes interesados en el producto final. ....	107
Tabla 40. Escala Likert según la disponibilidad de locales. ....	107
Tabla 41. Calificaciones de los factores para identificación de la localización. ....	107
Tabla 42. Simbología correspondiente a la clasificación para la Matriz de Relaciones. ....	108
Tabla 43. Simbología correspondiente a la razón para la Matriz de Relaciones. ....	108
Tabla 44. Matriz de Relaciones para el diseño de planos de distribución. ....	109
Tabla 45. Requerimientos espaciales del área productiva. ....	112
Tabla 46. Requerimiento espacial de la bodega de materia prima ....	113
Tabla 47. Requerimientos espaciales de la bodega de producto terminado. ....	113
Tabla 48. Requerimiento espacial para las áreas de servicios de apoyo. ....	114
Tabla 49. Selección de la nave industrial para la instalación de la planta de operación. ....	115
Tabla 50. Costo de la Inversión inicial en equipo, mobiliario y limpieza. ....	117
Tabla 51. Desglose de costos indirectos de electricidad mensuales. ....	117
Tabla 52. Desglose de los costos indirectos de agua mensuales ....	117
Tabla 53. Costo mensual de teléfono e internet. ....	118
Tabla 54. Costos mensuales asociados a las instalaciones ....	118
Tabla 55. Metodología para el desarrollo de la etapa de validación. ....	125
Tabla 56. Características del vehículo para situación A y situación B. ....	128

Tabla 57. Inventario de datos de Situación A y Situación B. ....	129
Tabla 58. Impacto de Situación A por categoría. ....	130
Tabla 59. Impactos del proceso de Situación B por categoría. ....	130
Tabla 60. Impacto de producción de materias primas .....	130
Tabla 61. Impacto de la Situación B, contrarrestando la producción de materia prima .....	131
Tabla 62. Reducción por categoría de impacto .....	131
Tabla 63 Costos fijos desglosados por categoría. ....	137
Tabla 64. Inversión inicial desglosada por categoría. ....	138
Tabla 65. Cálculo de depreciación de maquinaria, equipo y mobiliario. ....	139
Tabla 66. Fallas potenciales a tomar en el análisis cualitativo de riesgos.....	146

## Índice de figuras

Figura 1. Distribución de las EIAs y vertederos que reciben vidrio laminado en el territorio costarricense. .....	37
Figura 2. Ubicación de empresas según la generación de residuos de parabrisas desechados mensualmente. ....	38
Figura 3. Localización de usuarios de servicio de recolección y clientes de producto final. ....	57
Figura 4. Secuencia de la ruta 1 para el servicio de recolección. ....	60
Figura 5. Secuencia de la ruta 2 para el servicio de recolección. ....	61
Figura 6. Secuencia de la ruta 3 para el servicio de recolección. ....	61
Figura 7. Secuencia de la ruta 4 para el servicio de recolección. ....	62
Figura 8. Secuencia de la ruta 5 para el servicio de recolección. ....	62
Figura 9. Secuencia de la ruta 6 para el servicio de recolección. ....	63
Figura 10. Secuencia de la ruta 7 para el servicio de recolección. ....	63
Figura 11. Secuencia de la ruta 8 para el servicio de recolección. ....	64
Figura 12. Ciclo del servicio de recolección. ....	72
Figura 13. Diagrama de identificación de equipo por módulos. ....	75
Figura 14. Diagrama de flujo del proceso de transformación. ....	77
Figura 15. Mapa de interacción de procesos. ....	79
Figura 16. Vidrio de parabrisas quebrado producto de un choque automovilístico. ....	86
Figura 17. Parabrisas quebrado con martillo, primera prueba. ....	87
Figura 18. Hojuela de PVB, primera prueba. ....	87
Figura 19. Trozo de vidrio laminado quebrado, primera prueba. ....	88
Figura 20. Proceso de enfriamiento de parabrisas, segunda prueba. ....	88
Figura 21. Estado del parabrisas después de 4 golpes, segunda prueba. ....	89
Figura 22. Lámina de PVB, segunda prueba. ....	89
Figura 23. Vidrio quebrado y desprendido del PVB, segunda prueba. ....	90
Figura 24. Trapiche, tercera prueba. ....	90
Figura 25. Láminas de parabrisas cortadas con esmeril, tercera prueba. ....	91
Figura 26. Láminas de parabrisas pasando por el trapiche, tercera prueba. ....	91
Figura 27. Láminas de parabrisas pasando por el trapiche, tercera prueba. ....	92
Figura 28. Láminas de parabrisas quebradas después de pasar por el trapiche, tercera prueba. ...	92
Figura 29. Licuando el vidrio, cuarta prueba. ....	93

Figura 30. Colando el vidrio, cuarta prueba. ....	93
Figura 31. Presentaciones de vidrio obtenidas, cuarta prueba. ....	94
Figura 32. Vidrio grueso, quinta prueba. ....	95
Figura 33. Vidrio liviano, quinta prueba. ....	95
Figura 34. Preparación del PVB y baño maría, sexta prueba. ....	96
Figura 35. Mezcla PVB con etanol, sexta prueba.....	96
Figura 36. Resultados de la disolución de PVB, sexta prueba.....	97
Figura 37. Visualización del índice de transición vítrea en los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas. ....	99
Figura 38. Visualización de la descomposición del PVB en los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas. ....	100
Figura 39. Preparación de mezcla de vidrio con concreto.....	101
Figura 40. Preparación de cubos de concreto. ....	101
Figura 41. Resultados de la prueba de resistencia a los cubos según el porcentaje de vidrio en cada uno estos.....	102
Figura 42. Resistencia del cemento según edad.....	102
Figura 43. Diagrama de bloques para el diseño de planta.....	111
Figura 44. Estructura para el almacenamiento de parabrisas. ....	112
Figura 45. Distribución de planta. ....	116
Figura 46. Logotipo propuesto para la empresa.....	120
Figura 47. Etiqueta frontal para el empaque de la resina adhesiva de PVB. ....	121
Figura 48. Etiqueta trasera para el empaque de la resina adhesiva de PVB. ....	122
Figura 49. Etiqueta frontal para el empaque del agregado de concreto. ....	122
Figura 50. Etiqueta trasera para el empaque del agregado de concreto.....	123
Figura 51. Límites del sistema para el ACV: Situación A – desecho en los sitios de disposición final	127
Figura 52. Límites del sistema para el ACV: Situación B – tratamiento del vidrio laminado.....	128
Figura 53. Variación del precio actual del servicio de recolección de los clientes potenciales. ....	133
Figura 54. Certificado de entrega de vidrio laminado para clientes del servicio de recolección. ..	134
Figura 55. Variación en el VAN del recurso propio con respecto al tipo de cambio del dólar. ....	144
Figura 56. Variación en el VAN del recurso propio con respecto al costo de electricidad.....	145
Figura 57. Variación en el VAN del recurso propio con respecto a la tasa de crecimiento de accidentes automovilísticos. ....	146

Figura 58. Matriz de riesgos según las fallas potenciales identificadas en el AMFE. .... 147



## Introducción

En la actualidad, el uso intensivo de los recursos naturales y la desproporcionada contaminación ambiental, implican una amenaza para el desarrollo sostenible. Por consiguiente, la sociedad moderna ha optado por ser cada vez más exigente con la calidad del entorno, y más consciente del impacto ambiental producto del acelerado desarrollo (Olivares, 2015). A nivel nacional, varias organizaciones han trabajado en proyectos de gestión de residuos, eficiencia energética y demás alternativas. Sin embargo, al analizarlas, se identifica que no existe ninguna dirigida al manejo del vidrio laminado desechado.

El vidrio laminado cuenta con dos láminas de vidrio separadas por una capa de PVB con el fin de asegurar que al ser golpeado, no se desprendan partes de vidrio que puedan comprometer la seguridad de las personas que se encuentren cerca del mismo lo cual lo convierte en el material ideal para parabrisas. Por ello, requiere de un tratamiento complejo para su uso luego de ser desechado. De esta manera surge la oportunidad de emprender en el mercado por medio del desarrollo de una empresa especializada que supla la necesidad de realizar una adecuada gestión de éste residuo. Por medio de ello y dada la naturaleza del material, se busca extraer sus dos principales componentes, el vidrio y el PVB, y acondicionarlos para ser reinsertados en la industria.

El presente documento aborda la elaboración y evaluación de un modelo de negocio enfocado en la oportunidad encontrada. Para ello se compone de cuatro capítulos principales los cuales consisten en la propuesta de proyecto, el diagnóstico, el diseño y la validación. La propuesta de proyecto representa el planteamiento de la idea de negocio en la cual se define la justificación del proyecto. La misma consiste en la gestión actual del vidrio laminado desechado ya que actualmente se deposita en vertederos y rellenos sanitarios, con el fin de plasmar la oportunidad de forma concreta. De esta manera se identifican dos mercados principales: los usuarios del servicio de recolección y los compradores de los productos finales obtenidos.

Una vez establecida la oportunidad, se realiza el diagnóstico en el cual se busca identificar el comportamiento y los rasgos específicos de los dos mercados en los que se planea incursionar. De esta forma se cuantifica la demanda que debe ser cubierta por la empresa. Adicionalmente, se realiza una investigación correspondiente a las regulaciones legales aplicables al negocio planteado. En este capítulo se busca realizar un reconocimiento, análisis y evaluación del mercado con el fin de definir sus requerimientos.

De acuerdo con las especificaciones determinadas en el diagnóstico, se lleva a cabo el diseño del proyecto el cual abarca cinco aristas principales: proceso de recolección, proceso productivo, producto mínimo viable, diseño de planta y plan de mercadeo y ventas. Para el proceso de recolección se inicia con la definición de las rutas tanto para recolección como para entrega de producto con el fin de establecer la programación mensual de las mismas. De acuerdo con la calendarización y los requerimientos del material, se buscan alternativas de flotilla y se selecciona el método a utilizar.

Por otro lado, en lo que respecta al proceso productivo, primero se indaga acerca de las metodologías actuales de tratamiento de vidrio laminado con el fin de contar con una base para el establecimiento del sistema a utilizar. Según la información obtenida, se determinan los factores a considerar para adaptar el proceso de transformación a las condiciones nacionales. De esta forma, se definen los requerimientos de equipo, insumos y recurso humano para la correcta operación de la empresa. Con el proceso estipulado, se elabora un análisis de fallos y efectos potenciales con el fin de identificar los riesgos existentes.

Una vez que se conoce el funcionamiento de la empresa, se desarrolla el producto mínimo viable con el cual se pretende alcanzar una mejor comprensión del proceso. Asimismo, se busca obtener muestras con el fin de ejemplificar a escala los resultados a obtener una vez que la empresa se encuentre activa.

Seguidamente se lleva a cabo el diseño de planta en el cual primero se define la ubicación en la que debe ser instalada la empresa según la cercanía tanto a las fuentes de materias primas como a los compradores de producto final. Por otro lado se elaboran los planos de distribución según las áreas requeridas y los flujos y recorridos de materiales. Adicionalmente se debe considerar aspectos legales relacionados a centros de recuperación.

En lo que respecta al plan de mercadeo y ventas, se definen los métodos a utilizar para la promoción, introducción y distribución de los bienes y servicios ofrecidos por la empresa. El plan incluye la creación de la marca de la empresa y la imagen a proyectar por medio de ésta.

Por último, se encuentra el capítulo de validación, en el cual se evalúa el modelo de negocio ya diseñado con respecto a tres aspectos principales. Primeramente, está el ambiental, en el cual se comparan los impactos ambientales generados actualmente con los generados con el sistema propuesto. Esto por medio de un Análisis de Ciclo de Vida. Por otro lado, para el factor comercial, se lleva a cabo el análisis de aceptación de la idea de negocio por parte de los clientes por medio de la aplicación de entrevistas. Finalmente se tiene el componente económico para el cual se realiza un análisis financiero compuesto por el desarrollo del estado de resultados y el estudio del flujo de efectivo gracias a la estimación de inversión, ingresos y costos con los cuales se calculan indicadores económicos como lo son el valor actual neto y la tasa interna de retorno.

# Capítulo I: Propuesta de Proyecto

## 1.1 Justificación del proyecto

### 1.1.1 Descripción de la idea de negocio

La propuesta consiste en crear un modelo de negocio, el cual se enfoca en una empresa de servicio de recolección, tratamiento y valorización del vidrio laminado desechado. Este material consta de dos hojas de vidrio con una capa de butiral de polivinilo (PVB) de seguridad entre ellas con el fin de que, en caso de ser impactado, no se desprendan partículas peligrosas, razón por la cual su uso principal es en parabrisas. Dada su composición, sus residuos son inertes por lo que se debería asegurar su correcta gestión. Es importante recalcar que en Costa Rica este residuo se dispone únicamente en rellenos sanitarios como desecho.

El procesamiento y valorización de este bien tiene como producto final el vidrio pulverizado y el PVB libre de impurezas, los cuales se comercializan, por ejemplo, para la producción de concreto y la fabricación de resinas respectivamente.

Cabe destacar que el proyecto nace de un modelo colaborativo el cual tiene carácter interdisciplinario al involucrar diferentes áreas del mercado. Es por esto que se requiere del involucramiento de diversas personas, quienes aportan desde una perspectiva técnica para el desarrollo de la investigación. En el Apéndice 1 se encuentra el listado de las personas, cuyo aporte es trascendental y del cual el grupo de trabajo se encuentra agradecido.

## 1.2 Alcance

El alcance del proyecto se define de acuerdo con la concepción del modelo de negocio colaborativo, que se abarca desde la recolección de materia prima hasta la distribución del producto final.

Para el servicio de recolección se considera principalmente Empresas Independientes de las Aseguradora (EIAs) y talleres automotrices, que se encargan de cambiar parabrisas a vehículos particulares dentro del territorio costarricense. La primera de éstas, se refiere a aquellas empresas que ofrecen el servicio de reemplazo de este bien, de manera ajena a las aseguradoras, donde el cliente asume el costo total del producto y su instalación.

En una etapa inicial del proyecto se seleccionan los establecimientos que se ubican en la GAM y Palmares y Grecia, debido a que en esta zona se encuentran un 71,4% (202 empresas) de la totalidad (INS, 2018), por lo que la mayor cantidad de parabrisas desechados provienen de esta zona. Sin embargo, se brinda la opción de recibir parabrisas de empresas fuera de esta área que deseen asumir el transporte de estos. También, se considera el recibo del vidrio laminado proveniente de fabricantes y distribuidores de este bien.

El tratamiento de los parabrisas contempla el proceso requerido para obtener materiales comercializables, desde la limpieza superficial de parabrisas, hasta el empaclado de ambos productos (vidrio pulverizado y PVB) finales del proceso.

Para los compradores potenciales de los productos finales, se consideran principalmente los fabricantes de concreto para el vidrio pulverizado y se valoran las empresas productoras de adhesivos y barnices para la resina del PVB. En ambos casos se conoce una amplia gama de usos posibles, sin embargo, existen una mayor cantidad de estudios que respaldan los beneficios de las aplicaciones seleccionadas y se cuenta con un mercado consolidado para ambas industrias a nivel nacional. No obstante, no se descarta la utilización de estos productos para otros usos.

### 1.3 Descripción del mercado

#### 1.3.1 Clientes potenciales

Para los clientes potenciales se tienen dos clasificaciones particulares: usuarios del servicio de recolección y tratamiento, así como compradores de los productos finales. En la primera clasificación, es importante recalcar que también son los proveedores del negocio y se tienen como principales interesados a los talleres automotrices y las EIAs de reparación y cambio de vidrios. Adicionalmente, están los productores y distribuidores de vidrio laminado del país.

De acuerdo con información consultada en el Instituto Nacional de Seguros (INS), para el 2017 se cambiaron un promedio de 300 parabrisas mensuales, para una totalidad de 3601 anuales. Estos datos representan un 82,67% de la flota vehicular asegurada por medio de un seguro voluntario, ya que esta es la cobertura de tal institución para el 2017 (SUGESE, 2017). El restante 17,33% corresponden a aseguradas como MAPFRE, Quálitas, Lafise, Oceánica y Assa, las cuales son consultadas, no obstante, el volumen de parabrisas cambiados resulta de uno a cinco unidades mensuales, por lo que, en esta primera etapa del proyecto, no se considera un volumen significativo a tomar en cuenta. En el país, aproximadamente un 20% de la totalidad de vehículos que circulan se encuentran asegurados de esta manera (Romero, 2018). Por ello el porcentaje restante, el cual representa la mayoría, realiza los cambios por medio de las EIAs. Con el objetivo de cuantificar el volumen promedio de residuos de vidrio laminado, se realiza una investigación exploratoria de dichas empresas; de esta manera, se identifican 29 de ellas ubicadas en la GAM y 12 fuera de esta área para realizar un muestreo por conveniencia de un 30% de la población. A partir de esta indagación, se puede concluir que las empresas dentro de la GAM desechan un promedio de 150 a 190 parabrisas mensuales. Por otro lado, fuera del GAM cada una de estas desecha alrededor de 100 a 120 parabrisas mensuales.

En la segunda clasificación se contemplan empresas productoras de concreto para la comercialización del vidrio pulverizado entre las cuales se destacan Cemex, Productos de Concreto, Holcim, Concretos del Norte, MECO, AMCO y Grupo H&M. Para el caso del PVB, se consideran principalmente cuatro clientes potenciales: Sur Color, Lanco, Refractarios La Uruca y Baldoni. Además, se cuentan con empresas productoras de vidrio laminado como Extralum, Macopa, Carbone, Vidrios Coral y Visionglass. Para

obtener la información anterior se consulta en buscadores virtuales y por medio de entrevistas a expertos de modo que se identifican los principales participantes en estos mercados.

### 1.3.2 Competencia

La competencia del proyecto propuesto se ubica principalmente en la comercialización de PVB dadas sus múltiples aplicaciones. A nivel macro, productores de resina PVB únicamente figuran seis marcas de cinco empresas a nivel global: Butacite PVB de DuPont (Delaware, EUA), Saflex PVB de Solutia (St. Louis, Missouri, EUA), Mowital-Pioloform, Trosifol de Kuraray Europe GmbH (Frankfurt, Alemania), S-Lec PVB de Sekisui (Kyoto, Japón), Vanceva de Eastman Chemical Co. (Tennessee, EUA). Cabe destacar que Vanceva (lámina de PVB producida y distribuida por Eastman) es el producto utilizado por la empresa nacional Extralum para el proceso de fabricación de VILAX, su marca de vidrio laminado.

Por otro lado, se identifica que la empresa Holcim, recibe vidrio plano y laminado de Extralum para utilizarse como combustible de los hornos que utilizan en sus procesos productivos. Holcim solo recibe este vidrio laminado en específico, debido a que la composición de PVB es menor a la que contienen los parabrisas.

En lo que respecta el servicio de recolección, se identifica la existencia de empresas gestoras de residuos las cuales podrían incursionar en el tratamiento de vidrio laminado; no obstante, ninguna de estas lo realiza actualmente.

## 1.4 Justificación de la oportunidad

El vidrio laminado se considera un residuo especial debido a su composición, necesidad de transporte, condición de almacenaje, volumen de generación, formas de uso y valor de recuperación; además que su desecho implica impactos ambientales, por lo que requiere salir de la corriente normal de residuos (Reglamento para la Declaratoria de Residuos de Manejo Especial, N° 38272-S, 2014). Uno de los principales usos de este bien es en los vidrios de parabrisas; en Costa Rica transitan alrededor de 1 501 835 vehículos, los cuales son fuente diaria de desecho por los constantes choques y accidentes en carretera (Bosque, 2017).

De los talleres de enderezado y pintura del INS, se realiza un muestreo por conveniencia del 16,5% de un total de 243 de empresas registradas, con el propósito de determinar el interés existente por parte de esta área en el servicio de recolección de vidrio laminado para su posterior tratamiento. De la encuesta se identifica que un 48,7% sí se encuentra interesado en cancelar un servicio de recolección y tratamiento de parabrisas; por otro lado, el 52,3% no muestra interés. Esto se debe a que la mayor parte de los cambios de parabrisas se realizan por medio de la subcontratación del servicio a las EIAs, las cuales se llevan el vidrio una vez realizado el cambio.

Respecto a las EIAs encuestadas, del 30% muestreado de un total de 41 empresas, se identifica que un 92% muestra interés por pagar un servicio de recolección de parabrisas para un tratamiento responsable

posterior, esto debido a que un 75% ya cancelan un servicio de transporte hacia sitios de disposición final para deshacerse de estos.

Por otro lado, se consulta a la totalidad de empresas productoras y distribuidoras de vidrio en el país sobre sus residuos de vidrio laminado que no pueden ser comercializados, donde se identifica que todas pagan a empresas para la recolección y traslado del mismo a los rellenos sanitarios, exceptuando el caso de Extralum que se lo envía a Holcim.

Con la publicación de la Ley para la Gestión Integral de Residuos en julio del 2013, Costa Rica obtiene un marco jurídico moderno para tratar temas de protección del medio ambiente y se le asigna como principal responsabilidad de las municipalidades la operación del sistema de gestión integral de residuos, evolucionando de la tradicional recolección y disposición en rellenos sanitarios, a una recolección selectiva (Ministerio de Salud, 2016). Al respecto y con el afán de identificar el manejo de residuos municipales, para la realización de un muestreo por conveniencia se consideran cabeceras de provincia y cantones con una población territorial mayor a 30 000 habitantes. Esto debido a que son las zonas que presentan programas de gestión de residuos sólidos más consolidados por el volumen que deben manejar. En esta encuesta se identifica que, de las 19 municipalidades consultadas, un 63% no recolectan parabrisas, 21% lo recolecta como desechos no tradicionales, un 11% presta un servicio tercerizado para la recolección y el 5% lo recolecta como desecho ordinario con un previo tratamiento de trituración y empaquetado. Cabe destacar, que ninguna de estas municipalidades lo recibe como residuo valorizable. De esta manera se identifica como la mayoría empresas no cuentan con un servicio público que les permita realizar una correcta disposición de estos residuos, es por esto que, la idea de negocio propuesta representa una opción que permite a estos negocios desocuparse de la labor asociada a disponer este residuo.

Respecto a los gestores de residuos autorizados por el Ministerios de Salud en el país, se realiza un censo a los 31 centros reportados que reciben vidrio (Ministerio de Salud , 2018). De esta consulta se concluye que estos solo se encuentran recolectando vidrio ordinario (vidrio de botella); solo el caso de la Vidriera Centroamericana (VICAL), la cual trata el vidrio plano de ventanas, mas no así el laminado.

En el país se encuentran identificados 44 sitios de disposición final (vertederos y rellenos sanitarios), de los cuales 16 se encuentran activos; de estos, un 44% recibe regularmente el vidrio laminado pero el cliente debe llevarlo al sitio y cancelar una cuota, un 12,5% lo recibe cuando viene dentro del camión recolector de basura mezclado dentro de los residuos ordinarios. Un 6,5% recibe cuando se realizan campañas de recolección para residuos especiales, por lo que el Ministerio de Salud asume los costos correspondientes. El 37% restante no recibe este residuo. De esta manera, se puede observar las reducidas opciones que existen para disponer este residuo.

Mediante la investigación realizada, se define que el proceso productivo considerado para el tratamiento de parabrisas se basa en el proyecto RECYCLED-PVB desarrollado por el Centro Tecnológico Lurederra, que en conjunto con la Comisión Europea que se basa en la purificación y reciclado de PVB post-consumo procedente del vidrio laminado de los sectores tanto automovilístico como construcción. Este centro estudia e investiga desde 2009 el tema del reciclado del material plástico (PVB) contenido en el vidrio laminado, de forma que desarrollaron una tecnología que resuelve a coste muy competitivo el problema de gestión del residuo de este material plástico interlaminar. La planta piloto desarrollada en el proyecto

cuenta con una capacidad de tratamiento de 34 Ton/año de PVB, obteniendo al final del proceso un material totalmente purificado y reciclado adecuado para reutilizarse en la fabricación de vidrio laminado. Para ello, el proceso cuenta con tres módulos o fases: fase de trituración y separación, fase de limpieza por reacción, lavado y secado y fase de acondicionamiento de PVB (Fundación Lurederra, 2016).

Estudios realizados al PVB preliminar en comparación con el PVB reciclado han demostrado que su comportamiento es muy similar, esto se ha verificado por medio de análisis termo gravimétricos-diferenciales los cuales han demostrado que PVB empieza a descomponerse de manera constante a los 200° C y después de los 300° C esta descomposición actúa rápidamente; el PVB reciclado inicia su descomposición 180° C y esta crece después de los 350° C, proceso que puede ser acelerado realizándolo al vacío o en una atmósfera inerte bajo nitrógeno. Además, un proceso de separación adecuado elimina cualquier contenido de calcio, sodio, magnesio y aluminio, por lo que el PVB reciclado puede ser puro y sin trazos de vidrio laminado (Swain, Park, Shin, Park, & Hong, 2015). En particular, el PVB se utiliza en la producción de adhesivos para metales y madera por sus propiedades de adherencia y transparencia que asegura la unión de los materiales sin afectar el aspecto estético.

Según un estudio de la Universidad Estatal de Michigan, el vidrio pulverizado hace que el concreto sea más fuerte, más duradero y más resistente al agua. Alrededor de un 20% del cemento que se utilizaba para producir concreto se sustituye por el vidrio molido ya que en su formulación se utiliza óxido de silicio, compuesto obtenido de vidrio. Se explica que el vidrio molido entra en una reacción con los componentes del cemento, por lo que hace que sus características químicas mejoren. Además, ayuda a disminuir la cantidad de energía utilizada y las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) (Xataca, 2012).

## 1.5 Oportunidad del negocio

La oportunidad de negocio consiste en proveer una solución limpia para ofrecer a las empresas nacionales el máximo aprovechamiento de los recursos utilizados, basándose en el modelo de economía circular por medio de la recuperación del vidrio laminado y la transformación de éste en productos comercializables con el fin de insertarlos en el mercado y cerrar los ciclos de la economía con poco o ningún recurso virgen.

## 1.6 Beneficios de la oportunidad

Los beneficios obtenidos por el proyecto planteado van enfocados al ámbito ambiental, ya que, ayuda a disminuir la cantidad de residuos que llegan a los sitios de disposición final; debido al tratamiento realizado, es posible volver a reinsertar los recursos a la industria. Es decir, utilizar el residuo como materia prima para un nuevo proceso. En el país, de los 16 sitios de disposición final activos el 43,6% ya alcanzó su vida útil, otro 43,6% no proporciona el dato, pero reconocen que el sitio está saturado y el 12,6% no lo ha alcanzado. Esto se obtiene mediante los informes de Evaluación de los impactos ambientales generados por los sitios de disposición final de residuos sólidos en Costa Rica elaborado por la UNA y el Ministerio de Salud en el año 2014 (Ministerio de Salud , 2014) y se confirma por medio de llamadas telefónicas a los administradores de estos sitios. Con el proyecto propuesto, se logra disminuir la cantidad de vidrio laminado que se deposita en estos sitios, los cuales están saturados.

Por otro lado, el desarrollo de este proyecto abre nuevas plazas laborales para personal tanto calificado como no calificado, teniendo efectos positivos en la economía del país.

## 1.7 Objetivo General e Indicadores de Éxito

### 1.7.1 Objetivo General

Diseñar un modelo de negocio colaborativo que provea una solución limpia, basado en el modelo de economía circular, para la recuperación y transformación de vidrio laminado en vidrio pulverizado y PVB libre de impurezas, con el fin de reintroducirlos al mercado como productos comercializables.

### 1.7.2 Indicadores de éxito

- **Impacto ambiental:** Se desarrolla un Análisis de Ciclo de Vida para comparar el sistema de disposición de parabrisas actual con el planteado en el modelo de negocio propuesto y determinar si hay una disminución en el impacto ambiental.
- **Aceptación de la idea de negocio por parte de los clientes:** Este estudio se realiza para los interesados en el servicio de recolección del residuo de vidrio laminado. Se pretende alcanzar por medio de encuestas, para establecer la cantidad de clientes y el interés en el servicio ofrecido. A los clientes del producto final no se realiza este estudio ya que se diseña de acuerdo a sus necesidades.
- **Viabilidad económica del proyecto:** Se utilizan indicadores de rentabilidad como el VAN, TIR y el ID.

## 1.8 Limitaciones

- En Costa Rica se cuenta con el Reporte Nacional de Manejo de Materiales del Centro Nacional de Producción más Limpia (CNP+L) el cual representa un instrumento de gestión que busca soluciones en el flujo de materiales de los sectores productivos del país. Sin embargo, no existe una herramienta que cuantifique los desechos sólidos de acuerdo con su naturaleza o componentes; es por esto que no existe una base de datos histórica que permita observar el comportamiento de desechos de vidrio laminado generados en los últimos años, por lo que no es posible cuantificar de manera exacta el volumen desechado en el país de este bien.
- Las empresas dentro del sector de seguros mantienen sus datos de manera confidencial; por lo que la rivalidad entre estas provoca una alta confidencialidad en el manejo de su información, específicamente sobre cambios de repuestos (SUGESE, 2018). Por esta razón, las indagaciones sobre cantidad de parabrisas desechados mensualmente deben hacerse de manera individual a cada una de las empresas relacionadas con este sector, de manera que se obtienen datos aproximados y no reportados oficialmente a través de los años a alguna institución. Es por esto que no se puede determinar con exactitud el volumen de residuo de vidrio laminado generado por este sector.



## 1.9 Marco de referencia teórico

### 1.9.1 Modelo del negocio

Mediante construcción de un modelo de negocio se describen las bases sobre las que una empresa crea, proporciona y capta valor; esto, por medio de un análisis de sus clientes, la oferta, infraestructura y viabilidad económica. Es un anteproyecto de una estrategia que se aplica en las estructuras, procesos y sistemas de una empresa; por lo tanto, es posible definir aspectos como los segmentos de mercado que se desean abarcar, la propuesta de valor, fuentes de ingresos, recursos y actividades clave (Osterwalder & Pigneur, 2011).

#### 1.9.1.1 *Design Thinking y Lean StartUp*

Design thinking es una metodología para generar ideas innovadoras que centra su eficiencia en entender y dar solución a necesidades reales de los usuarios. El proceso se compone de cinco etapas: empatía, definición, ideación, prototipado y testeo. La primera de estas etapas comienza con una profunda comprensión de las necesidades de los usuarios implicados en la solución que se está desarrollando, y también de su entorno. Como parte de la definición, se busca identificar toda aquella información que realmente aporte valor y permita determinar perspectivas interesantes. En la etapa de ideación, se tiene como objetivo la generación de opciones por medio del pensamiento expansivo y eliminando así los juicios de valor. El prototipado transforma las ideas en realidad, con el objetivo de mostrar los elementos que se deben mejorar o refinar antes de llegar al resultado final. Finalmente, en la fase de testeo se prueban los prototipos en función del usuario para los cuales se está desarrollando (Dam & Siang, 2018). La propuesta de proyecto busca introducirse en esta metodología, debido a que es un modelo de negocio que no se ha desarrollado en el país por lo que se pretende satisfacer necesidades de nuevos clientes.

Junto con la estrategia anteriormente mencionada, esta propuesta de proyecto toma los principios de Lean StartUp: aprendizaje validado, experimentación e iteración. El objetivo es reducir el riesgo de lanzamiento de nuevos productos o servicios, aprendiendo del cliente, buscando lo más rápido y mejor constantemente. Mediante esta metodología se va construyendo a medida que se obtiene más y más conocimiento del mercado, es decir, una estrategia emergente (Ries, 2018).

#### 1.9.1.2 *Modelo de negocio colaborativo*

Este tipo de modelo de negocio funciona a través de la economía colaborativa, la cual se define como un ecosistema socioeconómico en torno a la distribución de los recursos humanos y financieros; en él, se comparte la creación, producción, distribución, comercio, consumo de bienes y servicios por parte de diferentes personas y organizaciones (Matofska, 2015). Este también es conocida como “consumo conectado”, ya que concede a las personas la oportunidades de conseguir productos a un precio más accesible y de buena calidad, al igual que vender o intercambiar estos con los demás consumidores para darles una vida más larga, pensando en la sustentabilidad y aplicando las nuevas tecnologías de la información y la comunicación (Barrogon, Guerra, Villalpando, Segura, & Sandoval, 2017). Este modelo forma parte de la propuesta de proyecto debido que se busca la generación de relaciones socioeconómicas

entre los generadores de residuo de vidrio laminado con el negocio propuesto; ya que estos deben deshacerse de este de alguna manera, por lo que se les ofrece un servicio de recolección que a la vez es amigable con el ambiente y es fuente de materia prima.

El consumo conectado ha atraído consumidores por tres razones relacionadas con la economía, la ecología y las relaciones sociales. Respecto a la economía, este consumo mueve las actividades entre el productor y el consumidor, abriendo paso a compartir bienes de una manera más económica para el consumidor y dándole al productor un ingreso extra en su economía. En la ecología, la compartición de bienes es de gran ayuda para reducir la contaminación al medio ambiente, dando un mejor y más largo uso a los productos para algunas personas que consideran estos como inservibles. Finalmente, en las relaciones sociales, abre puertas para conocer más personas que en un futuro pueden colaborar en alguna actividad económica (Barrogan et al. 2017).

Los modelos de negocio colaborativos, además, traen grandes ventajas respecto al manejo de la cadena de suministro, ya que ayuda a las compañías a determinar de mejor manera el uso de sus recursos para lograr objetivos en común (Herrera, 2014). Este tipo de modelo puede representar una verdadera oportunidad para negocios emergentes y emprendedores ya que apoya la expansión de los horizontes operativos no solo a nivel nacional sino internacionalmente por medio del apoyo entre organizaciones.

#### 1.9.1.3 Viabilidad económica

El estudio de viabilidad económica representa uno de los pasos a seguir antes de poner en marcha un proyecto. Éste consiste en un documento en el que se plasman las líneas de planificación, evaluación y control del futuro proyecto empresarial. Es una manera de poner en escena el proyecto, estableciendo el marco, contexto, sector y mercado donde se desarrollará (Fernandez, 2018).

El plan o estudio de viabilidad económica contiene varios apartados en los cuales se encuentra el análisis de mercado, el plan de marketing, de organización y recursos humanos, el plan de producción y, por último, el plan financiero. Todos estos elementos permiten definir las probabilidades de éxito del futuro negocio.

#### 1.9.2 Parabrisas de automóviles

A principios del siglo XX se comenzaron a introducir los primeros cristales frontales de protección para automóviles. Estos estaban compuestos por dos hojas de cristal horizontales desplazables. No obstante, estos ganaron mala fama ya que en un accidente se rompían en muchos pedazos y causaban lesiones a los ocupantes, viandantes y motoristas. En 1911 se presenta la patente de parabrisas donde se indica que un compuesto entre vidrio y plástico (nitrato de celulosa) ayudaría a disminuir las lesiones en los accidentes. No obstante, este primer avance tuvo problemas de decoloración. En 1938, Carleton Ellis fabricó el PVB cuyo invento cumplió con todas las expectativas de los parabrisas y pasó a ser una de las innovaciones de seguridad más importantes por lo que se sigue utilizando hoy en día (ABC, 2017).

Como se observa, la utilización de PVB para el reforzamiento de vidrio laminado tiene una trayectoria de más de 80 años por lo que ninguna otra tecnología emergente ha superado los beneficios ofrecidos por este material.

#### *1.9.2.1 Butiral de polivinilo*

El PVB es un compuesto químico resultado de mezclar alcohol de polivinilo con butiraldehído. El material resultante es un polímero de gran adherencia y durabilidad, utilizado principalmente para la industria del vidrio. Este se utiliza como una lámina que, gracias a sus propiedades de adherencia y transparencia, es idónea para la unión de hojas de vidrio. Además, permite la transmisión de esfuerzos entre los vidrios, uniéndolos como uno solo, aunque el propio material carece de resistencia mecánica. Este material se utiliza principalmente para impedir el desprendimiento de fragmentos de vidrio si se produce una rotura (Esteve, 2012).

#### *1.9.2.2 Vidrio plano*

El vidrio o vidrio plano, es un material inorgánico duro, frágil, transparente, y amorfo que se encuentra en la naturaleza, pero también puede ser producido por el ser humano. Es muy utilizado ya que tiene diversas aplicaciones como en: ventanas, vasos, envases, lentes ópticas, en la industria nuclear como escudo de radiación, en electromecánica como sustrato sólido para los circuitos, en industria de transporte, en construcción, etc (Extralum, 2014).

El vidrio se compone principalmente de arena de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), carbonato de sodio ( $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ) y caliza ( $\text{CaCO}_3$ ), los cuales se funden a altas temperaturas. Se utilizan otros aditivos, con la finalidad de conferirle propiedades especiales o para facilitar el proceso de fabricación (Pearson, 2009).

El proceso de fabricación más común se denomina flotado, que consiste en fundir los materiales anteriormente mencionados a aproximadamente  $1500^\circ\text{C}$ , una vez homogenizada la mezcla, se lleva del horno de fusión a un baño de estaño líquido, donde el vidrio líquido se vierte sobre el estaño a aproximadamente  $1000^\circ\text{C}$ , debido a su densidad, el vidrio flota y pasa por unos rodillos que estiran la mezcla de acuerdo con espesor deseado. Posteriormente se lleva al horno de recocinado, donde el vidrio pasa por un túnel de enfriamiento y se baja la temperatura de  $620^\circ\text{C}$  a  $250^\circ\text{C}$  y luego se somete a un enfriamiento lento hasta llegar a temperatura ambiente con el fin de eliminar efectos internos y finalmente se corta (Extralum, 2014).

A partir del vidrio plano, se pueden producir diferentes tipos como el laminado y el templado, donde sus características las define el proceso que recibe. El vidrio plano tiene poca resistencia al impacto con un objeto y se fragmenta en piezas grandes y afiladas. El vidrio laminado se compone de capas de vidrio unidas por una capa de (PVB) y al quebrarse se queda adherido. El vidrio templado puede ser hasta siete veces más resistente que el vidrio normal, al quebrarse se fragmenta en piezas granuladas (Extralum, 2014).

### 1.9.2.3 Vidrio laminado

El vidrio laminado, como se indicó, se refiere a la unión de dos o más capas de vidrio que se encuentran adheridas entre si generalmente por una capa de (PVB), pero también se puede utilizar etilvinil acetato (EVA) u otro tipo de resinas o policarbonatos (Extralum, 2013). Para la fabricación del vidrio laminado, se colocan en orden las capas de vidrio y de PVB, las cuales se calientan a una temperatura aproximada de 70°C. El vidrio se lleva a una autoclave, donde se someten a condiciones de presión y temperatura controladas, para lograr unir todas estas capas y que se comporten como una sola unidad. Los tiempos de ciclo dependen del espesor de las capas, las cuales se definen según los requerimientos del cliente (Extralum, 2013).

Su principal característica es que cuando el vidrio laminado se quiebra, sus fragmentos quedan adheridos, evitando el desprendimiento y la caída de partes que puedan representar un peligro. Este tipo de vidrio se utiliza generalmente en edificios ubicados en zonas de alto riesgo sísmico y huracanes y en la industria automotriz.

### 1.9.3 Desarrollo Sostenible

El concepto de desarrollo sostenible se define en el Informe Brundtland de 1987, elaborado por distintas naciones, y consiste en el desarrollo que satisface las necesidades de la generación presente, sin comprometer los recursos y posibilidades de las futuras generaciones. De esta manera se busca integrar el aspecto medioambiental, el económico y el social. Se reconoce como principales objetivos del desarrollo sostenible: conocer la importancia de la naturaleza para el bienestar humano, asegurar que la actividad económica mejore la calidad de vida de todos, promover el uso eficiente de los recursos e implantar tecnologías limpias (Velazco Gonzalez, 2013).

El crecimiento demográfico mundial y los estándares de consumo incrementales, provocan un aumento en la demanda de bienes, generando una presión en los recursos naturales. A ésta se suma el impacto que producen sobre el medio ambiente los procesos agrícolas e industriales. Todo ello tiene un impacto en el ser humano y las medidas deben ser tomadas para afrontarlo de la mejor manera posible. La importancia del desarrollo sostenible radica en velar por el mejoramiento de la calidad de vida en toda actividad humana, utilizando para esto solamente lo necesario de los recursos naturales (Velazco Gonzalez, 2013).

Por lo anterior, los beneficios del desarrollo sostenible no solo se reducen a la protección medioambiental y el progreso económico, también en el ámbito social. En lo que respecta a la gestión de residuos, que corresponde a uno de los ejes principales de la propuesta, se logra la reducción de los impactos negativos sobre la salud por la emisión de gases y liberación de sustancias perjudiciales por los desechos colocados en sitios de disposición final. Por el otro lado, entre los beneficios sociales esperados se rescata la generación de nuevas fuentes de empleo y por ende la elevación potencial de la calidad de vida en comunidades (Moukalled, 2016).

### 1.9.3.1 *Gestión Integral de Residuos*

La GIR hace referencia al conjunto articulado e interrelacionado de acciones regulatorias, operativas, financieras, administrativas, educativas, de planificación, monitoreo y evaluación para el manejo de residuos, desde su generación hasta su disposición final (Ministerio de Salud, 2016).

La GIR busca un análisis más profundo que la disposición sanitaria y ambiental de lo que comúnmente se conoce como “basura”. El término desecho o basura se deben cambiar por “residuo”, debido a que este último tiene un valor intrínseco que no se puede desaprovechar (Ministerio de Salud, 2016). En cambio, el término desecho hace referencia a materiales, sustancias, objetos, entre otros, que se debe eliminar porque ya no tiene utilidad.

Dentro de la Ley de Gestión Integral para Residuos, este último se define como un material sólido, semisólido, líquido o gas, cuyo generador o poseedor debe o requiere deshacerse de él, y que puede o debe ser valorizado o tratado responsablemente o, en su defecto, ser manejado por sistemas de disposición final adecuados (Asamblea Legislativa, N°8839, 2010).

Se establece un orden jerárquico en la manera como se deben realizar las diferentes etapas del manejo de residuos sólidos. De manera deseable se busca seguir el siguiente orden: evitar, reducir, reutilizar, valorizar, tratar y por último, disponer. Para el proyecto, el punto más importante es el de valorizar, esto mediante la recuperación de su valor material, económico o energético, además de evitar que su mal manejo impacte los ecosistemas, contamine el agua, el suelo y el aire, afecte el paisaje y contribuya al cambio climático (Ministerio de Salud, 2011). Este proceso inicia con el servicio de recolección, el cual busca ofrecer a las empresas generadoras de residuo de vidrio laminado la opción de deshacerse de este por un medio amigable con el ambiente.

En Costa Rica, a pesar de que la Ley General de la Salud establece que la responsabilidad del residuo la tiene el generador, la Ley para la Gestión Integral de Residuos, busca que haya una responsabilidad compartida, donde se requiere la participación de la población, donde estén presentes todos los generadores, productores, importadores, distribuidores, consumidores y gestores, tanto públicos como privados (Ministerio de Salud, 2011).

Con la valorización de los residuos se abren nuevos mercados que puedan ser viables y atractivos económicamente para el sector industrial, este puede ser por medio del reciclaje, el co-procesamiento, el re-ensamble, la producción, y la valorización del biogás o el aprovechamiento de los residuos como combustible sustitutivo en algunas aplicaciones industriales u otros procedimientos técnicos para la recuperación del material y su aprovechamiento energético (Valerio, 2014). En este caso, se busca la reintroducción de vidrio laminado desechado para la transformación de este en los productos comercializables de PVB y vidrio pulverizado. Esto significa que ambos materiales pueden ser objeto de venta ya que tienen aceptación en el mercado (RAE, 2018)

### *1.9.3.2 Residuo especial*

El residuo especial se define dentro del Reglamento para la Declaratoria de Residuos de Manejo Especial como aquellos que por su composición, necesidades de transporte, condiciones de almacenaje, volumen de generación, formas de uso o valor de recuperación, o por una combinación de esos, implican riesgos significativos a la salud y degradación sistemática de la calidad del ecosistema, o beneficios por la reducción de impactos ambientales a través de su valorización, por lo que requieren salir de la corriente normal de residuos (Asamblea Legislativa, 2010). El vidrio laminado pertenece a esta categoría.

### *1.9.3.3 Economía circular*

En la actualidad, el sistema económico que predomina es la economía lineal que consiste en la extracción de materia prima, fabricación de productos, su utilización y finalmente la disposición del mismo como un desecho provocando el agotamiento de los recursos (Martín, 2017). La economía circular se contrapone a este modelo buscando cerrar el ciclo de vida de un producto, mediante la introducción de dos fases. La primera facilita la reparación de los mismos, de manera que se extiende la vida útil. La segunda es la reutilización con facilidad para su “deconstrucción”. De esta forma, emula los procesos naturales, donde los recursos iniciales regresan a su fuente y permiten que los ciclos de vida recirculen (Rethinking Progress Spanish, 2014).

Los principales objetivos de la economía circular son: mantener el mayor tiempo posible el valor de los productos, materiales y recursos, y reducir al mínimo la generación de los residuos. De esta manera se busca implícitamente disminuir el consumo de recursos como agua, energía y materias primas (Martín, 2017). Por su naturaleza, implica una nueva cultura, del retorno del producto y su “regeneración”, ya que los residuos de ahora se convierten en los insumos futuros.

Cabe destacar que no funciona si es aplicado de forma aislada en una organización como unidad, sino que requiere la interrelación de varias para poder lograr este nuevo enfoque en los sistemas productivos (Rethinking Progress Spanish, 2014). Por ello, su aplicación empresarial requiere de un modelo de negocio colaborativo.

### *1.9.3.4 Metabolismos discretos para eco-eficiencia*

A lo largo de los años, el concepto de eficiencia ha pasado por una serie de cambios. Inicialmente, se consideraba eficiente un proceso el cual utiliza la menor cantidad de entradas o insumos para crear la mayor cantidad de productos o resultados (Riquelme, Diferencia Entre Eficacia Y Eficiencia, 2017). Sin embargo, Baungart y McDonough ponen en duda dicho concepto ya que indican cómo, aunque los procesos y materiales involucrados en la fabricación de un producto sean considerados eficientes, puede que su diseño no sea el adecuado. De esta manera surge el término de eco-eficiencia, el cual consiste en trabajar sobre los productos, servicios y sistemas correctos así como en los procedimientos que sean requeridos de manera que conduzcan a un crecimiento sano para las generaciones futuras (Martinez & Carpi, 2006).

Según el concepto propuesto por Baungart y McDonough, existen dos metabolismos discretos. El primero es el metabolismo técnico, en el cual entran en consideración los ciclos de la industria, incluyendo el aporte de materiales técnicos a partir de sus lugares naturales. Por otro lado, el segundo metabolismo consiste en el biológico, el cual toma en cuenta los ciclos de la naturaleza (Martinez & Carpi, 2006).

Los productos pueden estar compuestos por materiales biodegradables y que se convertirán en alimento a lo largo de ciclos biológicos, o por materiales técnicos que se mantienen los bucles de los ciclos técnicos, a través de los cuales circulan indefinidamente nutrientes singulares para la industria. Con el fin de que los dos metabolismos permanezcan sanos, valiosos y exitosos, se debe tomar precauciones de manera que no se contaminen mutuamente. Los elementos que entran en los metabolismos orgánicos no deben tener agentes mutagénicos, cancerígenos, tóxicos, ni otras sustancias con efectos dañinos. Sin embargo, algunos materiales que podrían perjudicar al metabolismo biológico, podrían ser tratados de forma segura por el metabolismo técnico. De forma similar, existen nutrientes biológicos que no han sido diseñados para incorporarse al metabolismo técnico, en el que no sólo se perderían para la biosfera, sino que, además, reducirían la calidad de los materiales técnicos, o en el mejor de los casos, volverían su recuperación y reutilización más compleja (Estévez, 2010).

#### *1.9.3.5 Solución limpia*

El término de solución limpia se considera a partir del concepto de producción más limpia (P+L) provista por la Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial (ONUDI). Éste consiste en la aplicación continua de una estrategia ambiental, preventiva e integral a procesos, productos y servicios. Con ello se busca mejorar la eco-eficiencia y reducir los riesgos para el ser humano y el medio ambiente (Quirós, 2003).

Para su implementación, se deben considerar varios aspectos como lo son los objetivos, las barreras técnicas, los instrumentos de incentivación y la evaluación de motivos para su no aplicación (Quirós, 2003).

El uso de soluciones más limpias cuenta con numerosas ventajas. Entre ellas destaca el “costo-eficiencia” el cual se alcanza controlando la contaminación mediante su prevención desde la fuente. La disposición sistemática de desechos permite incrementar la eficiencia del proceso y mejora en la calidad del producto buscando minimizar paralelamente los costos de tratamiento final (Quirós, 2003).

#### *1.9.3.6 Impacto ambiental*

El impacto ambiental representa la alteración en el medio ambiente debido a la actividad e intervención humana. Este impacto puede ser positivo o negativo, el negativo representa una ruptura en el equilibrio ecológico, causando graves daños y perjuicios en el medio ambiente, así como en la salud de las personas y demás seres vivos. A la hora de realizar la medición del impacto ambiental se debe considerar que no es posible llevarla a cabo con mucha precisión debido a la complejidad del medio ambiente (Graus, 2014).

## 1.10 Metodología general

Tabla 1. Metodología para el desarrollo de la etapa de diagnóstico.

Actividad	Herramientas	Resultados
Caracterización de mercado	Revisión bibliográfica Metodología Design Thinking	Identificación del tamaño estimado de mercado para los tres segmentos de mercado: servicio de recolección, venta de PVB y de vidrio pulverizado
	Entrevista con clientes potenciales	Perfilado de los clientes de los tres segmentos de mercado y sus necesidades Áreas geográficas con mayor concentración de clientes para servicio de recolección
Análisis de la demanda	Entrevistas	Volúmenes de residuo a tratar
	Revisión bibliográfica	Necesidades de producto final por parte de clientes potenciales Tendencias de demanda de servicios similares
Estudio legal	Revisión bibliográfica Entrevista con expertos	Legislaciones aplicables Trámites requeridos para operación

Tabla 2. Metodología para el desarrollo de la etapa de diseño.

Actividad	Herramientas	Resultados
Estudio de proceso de recolección	Método del vecino más cercano y Route4Me	Rutas para el servicio de recolección y la entrega del producto final definidas
	Revisión bibliográfica	Flotilla requerida para realizar proceso de recolección
	Revisión bibliográfica y entrevista con expertos	Listado de posibles proveedores de vehículos Opciones para tercerizar el servicio de transporte
	Investigación de campo Entrevista con expertos y revisión bibliográfica	Método de recolección seleccionado Costos asociados al proceso de recolección Ciclo del servicio



Tabla 3. Metodología para el desarrollo de la etapa de diseño (continuación).

Actividad	Herramienta	Resultados
Establecimiento del proceso productivo	Revisión bibliográfica e investigación de campo	Capacidades y requerimientos de procesos de transformación de vidrio laminado existentes Capacidad requerida del proceso productivo Proceso de adaptabilidad a condiciones nacionales
	Diagrama de flujo del proceso Mapa de interacción de procesos	Flujo del valor del producto Representación gráfica de procesos
	Entrevista con expertos e investigación de campo	Listado de equipo requerido con sus respectivas especificaciones técnicas Costo de maquinaria
Identificación de los insumos requeridos	Revisión bibliográfica	Cantidad y caracterización de materiales Lista de proveedores
	Investigación de campo	Costos de los insumos requeridos Materiales auxiliares
Identificación del recurso humano requerido	Revisión bibliográfica	Cantidad y caracterización de talento humano
	Investigación de campo	Costos asociados al recurso humano requerido
Producto Mínimo Viable	Trabajo de campo	Factibilidad técnica del proceso productivo
	Pruebas de laboratorio	Caracterización de los materiales obtenidos del proceso de transformación
Elaboración de diseño de instalaciones	Método cualitativo por puntos para localización	Localización de planta de operación
	Entrevista con expertos e investigación de campo	Listado de equipo requerido con sus respectivas especificaciones técnicas Costo de maquinaria
	Matriz de relaciones	Diseño de planos de distribución
	Análisis de flujo y recorridos	
	Cálculo de requerimientos espaciales	
	Método de distribución por proceso	
Investigación de campo	Costos de las instalaciones	
Elaboración del plan de mercadeo y ventas	Revisión bibliográfica e investigación de campo	Objetivos de marketing Canales de distribución a utilizar
	Entrevista con expertos e investigación de campo	Promoción del servicio y los productos finales Plan de introducción al mercado Sistema de ventas

Tabla 3. Metodología para el desarrollo de la etapa de validación.

Actividad	Herramientas	Resultados
Evaluación del impacto ambiental	Revisión bibliográfica Entrevista con expertos Análisis de Ciclo de Vida Software: SimaPro	Comparación de las huellas de carbono y agua del sistema de disposición actual contra las del sistema propuesto
Análisis de aceptación de la idea negocio por parte de clientes	Encuestas a clientes Entrevistas con expertos	Porcentaje de cumplimiento de requerimientos de clientes Oportunidades de mejora
Análisis de viabilidad económica	Estado de resultados Estudio de movimientos de caja Indicadores de rentabilidad	Ingresos y costos totales por año Flujos netos de efectivo Valor actual neto (VAN) Tasa interna de retorno Índice de deseabilidad Punto de equilibrio
Análisis de riesgo	Análisis de sensibilidad Matriz de riesgo Revisión bibliográfica	Variación en VAN según escenarios Evaluación de riesgo de fallas potenciales Priorización de riesgos potenciales

### 1.11 Cronograma de trabajo

Tabla 4. Cronograma de trabajo para el desarrollo del proyecto.

Fase	Semana	Actividades
Diagnóstico	1 a 3	Caracterización de mercado
	4 a 11	Análisis de la demanda
	12	Estudio legal
Diseño	13 a 14	Estudio de proceso de recolección
	15 a 16	Establecimiento del proceso productivo
	16	Identificación de los insumos requeridos
	16	Identificación del recurso humano requerido
	13 a 18	Producto Mínimo Viable
	17	Elaboración de diseño de instalaciones
Validación	18	Elaboración del plan de mercadeo y ventas
	19 a 20	Evaluación del impacto ambiental
	20	Análisis de aceptación de la idea de negocio por parte de clientes
	21	Análisis de viabilidad económico
	23	Análisis de riesgo

## Capítulo II: Diagnóstico

### 2.1 Objetivos de la fase de diagnóstico

#### 2.1.1 Objetivo general

- Evaluar la propuesta de negocio en términos de su inserción en el mercado, por medio del análisis de sus potenciales clientes y las restricciones legales, esto con el propósito de definir los lineamientos para el diseño del modelo de negocio de la empresa.

#### 2.1.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el mercado por medio de la identificación de los clientes y el perfilado de los mismos, con el fin de cuantificar el tamaño de mercado.
- Analizar la demanda de los servicios y productos ofrecidos mediante la aplicación de entrevistas para determinar la capacidad de suplir los requerimientos en el mercado.
- Identificar la legislación aplicable para la formación de un negocio, así como la reglamentación asociación a la gestión integral de residuos, por medio de investigación bibliográfica, para asegurar una correcta operación del negocio.

### 2.2 Metodología de la fase de diagnóstico

Para delimitar la etapa de diagnóstico del proyecto, se definen actividades que se van a desarrollar en esta fase, junto con las herramientas que se utilizan y los resultados. El detalle de la metodología se puede observar en la Tabla 5.

Tabla 5. Metodología para el desarrollo de la etapa de diagnóstico.

Actividad	Herramientas	Resultados
Caracterización de mercado	Revisión bibliográfica Metodología Design Thinking	Identificación del tamaño estimado de mercado para los tres segmentos de mercado: servicio de recolección, venta de PVB y de vidrio pulverizado
	Entrevista con clientes potenciales	Perfilado de los clientes de los tres segmentos de mercado y sus necesidades Áreas geográficas con mayor concentración de clientes para servicio de recolección
Análisis de la demanda	Entrevistas	Volúmenes de residuo a tratar
	Revisión bibliográfica	Necesidades de producto final por parte de clientes potenciales Tendencias de demanda de servicios similares
Estudio legal	Revisión bibliográfica Entrevista con expertos	Legislaciones aplicables Trámites requeridos para operación

## 2.3 Caracterización del mercado

### 2.3.1 Usuarios del servicio de recolección

#### 2.3.1.1 *Perfilado del cliente: Análisis dimensional*

En esta sección se realiza el perfilado de los clientes del servicio de recolección con el fin de conocer e identificar sus necesidades. Se selecciona la herramienta de análisis dimensional, la cual consiste en una técnica utilizada en la etapa de empatizar en la metodología Design Thinking (García R. , 2014). Con esta se busca asegurar que se conozcan los fundamentos de la situación que se busca cambiar, por lo que se basa en un estudio exhaustivo del problema considerando las preguntas mostradas a continuación y tomando en cuenta los distintos aspectos del problema.

- a. ¿Cuál es el problema?
- b. ¿Quiénes están involucrados?
- c. ¿Para qué resolverlo?
- d. ¿Qué grado de relevancia tiene el problema?
- e. ¿Cuál es la causa?
- f. ¿En qué lugar acontece el problema?

En el caso de la primera pregunta se considera que el problema real para los clientes del servicio de recolección, EIAs y talleres, es la ausencia de un sistema de disposición de parabrisas. Esto debido a que, aunque es un residuo común en sus establecimientos, no existe ningún servicio que les permita deshacerse de los mismos. Por consiguiente, se ven en la obligación de buscar opciones alternas como la contratación de un servicio de transporte externo para trasladarlos a un sitio de disposición final en el cual se debe pagar por su respectiva recepción.

En lo que respecta a los involucrados, se consideran varias partes. Primeramente, están los talleres y las EIAs, estos son los encargados de los cambios de parabrisas dañados. Por otro lado, se toman en cuenta también los rellenos sanitarios, las municipalidades y las empresas de transporte, los cuales son actualmente los que se encargan del manejo de parabrisas. Sin embargo, no representan una opción ambientalmente responsable para la gestión del material.

La razón para resolverlo consiste, principalmente, en asegurar que las empresas cuenten con una disposición fácil, adecuada y responsable de los parabrisas. Esto por medio un sistema de recolección y tratamiento especialmente diseñado para la obtención de productos comercializables.

El problema en la actualidad es de gran relevancia ya que se conoce que es un residuo no biodegradable, aunque las empresas cuentan con alternativas de disponer del mismo, no existe un servicio especializado y apropiado para su tratamiento. Esto se refleja en el interés que muestran las empresas respecto al servicio propuesto como una alternativa atractiva y de beneficio para sus procesos.

La causa del problema radica en la composición contaminante del material. Esto debido a que corresponde a vidrio laminado que consta de vidrio plano y butiral de polivinilo, el cual por sí solo consiste en una resina

preparada a partir de la reacción del polímero alcohol de polivinilo (PVA) con el compuesto orgánico butiraldehído (Hallensleben, 2000). Por lo anterior, su tratamiento requiere de un proceso exhaustivo de separación y limpieza lo cual requiere de equipo y personal especializado.

Por último, en el análisis dimensional se estudia el lugar donde acontece el problema. Para ello se consideran los talleres y las EIAs ya que en éstos es donde se lleva a cabo la extracción de los parabrisas dañados de los automóviles para su cambio.

Debido a lo expuesto anteriormente, se define que actualmente no existe un sistema de disposición de parabrisas, por lo que los talleres y EIAs deben pagar para desecharlos en un SDF, los cuales son administrados por las municipalidades o empresas privadas. En estos lugares no reciben un tratamiento adecuado y se identifica que por su composición, los parabrisas y el vidrio laminado en general no son biodegradables y son contaminantes.

### 2.3.1.2 Estudio del tamaño de mercado

En esta sección se realiza el estudio del tamaño de mercado de los usuarios del servicio de recolección, con el fin de identificar su ubicación y la cantidad de residuos que genera cada uno.

A lo largo de las siete provincias del país se logra identificar una cantidad de 34 EIAs que ofrecen el servicio de cambio de parabrisas. De estas, el 68% se encuentran ubicadas en las GAM, mientras que las 10 empresas restantes brindan sus servicios en las zonas de Guápiles, Liberia, San Cruz, San Carlos, Palmares, San Ramón y Grecia. La ubicación de estas empresas se muestra en la Figura 1.

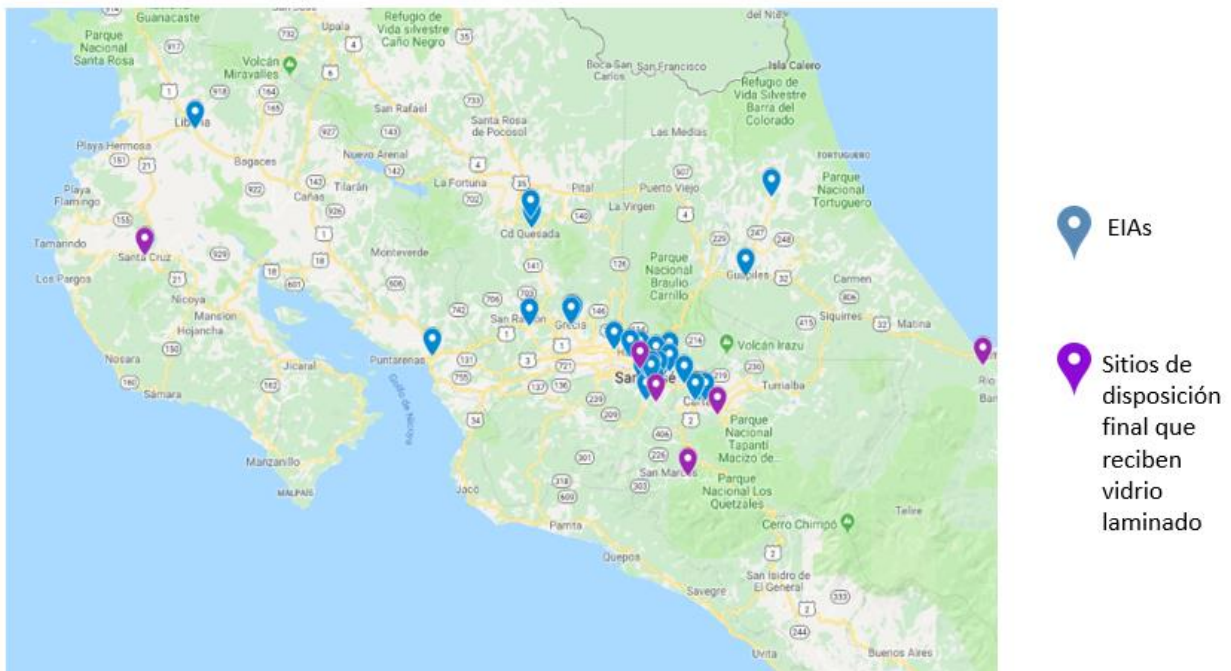


Figura 1. Distribución de las EIAs y vertederos que reciben vidrio laminado en el territorio costarricense.

Por medio de un muestreo del 60% de EIAs dentro del territorio costarricense, donde se incluyen un 54% de las empresas dentro de la GAM y un 60% afuera de esta, se logra identificar que un 74% no cuentan con un programa de gestión ambiental, sin embargo, el 25% restante, sí lo hace, pero no cuenta con un mecanismo para deshacerse de este vidrio laminado distinto al depósito de basura. El 53% de EIAs muestreados pagan un servicio de transporte de estos residuos a SDF. El porcentaje restante cuenta con transporte propio, que de igual manera les genera un costo de traslado. El 57% de EIAs deben cancelar un monto aproximado de 170 mil colones la tonelada, que representa alrededor de 80 parabrisas. El 43% restante dispone de este por medio de entierros en fincas o lo acumulan en sitios públicos hasta que los camiones municipales se los lleve junto con los demás residuos

Es evidente cómo el deshacerse de este residuo genera costos a las empresas, razón por la cual, en las encuestas realizadas se logra identificar que un 84% muestran interés en la propuesta de valor en cuestión (Apéndice 2).

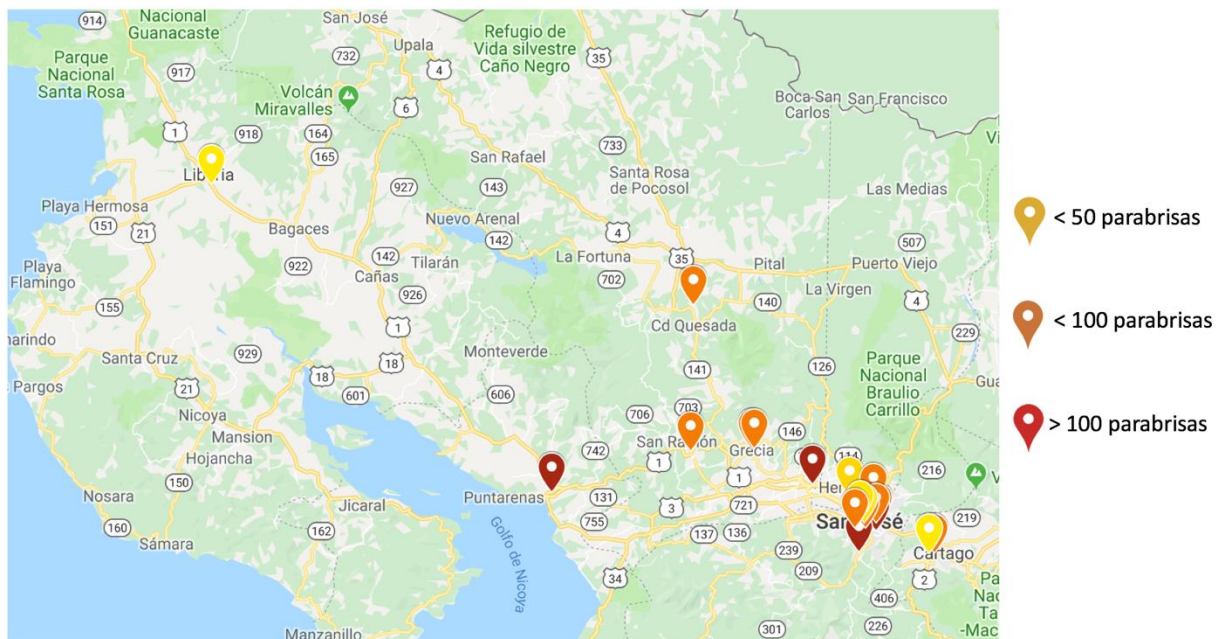


Figura 2. Ubicación de empresas según la generación de residuos de parabrisas desechados mensualmente.

De la totalidad de EIAs muestreadas se determina su ubicación y se cuantifica el volumen de parabrisas desechados mensualmente (Figura 2), con lo que se logra identificar cómo las empresas que generan una mayor cantidad de vidrio laminado residual se encuentran dentro de la GAM.

Por otro lado, existen 242 talleres de enderezado y pintura que realizan cambios de parabrisas por medio de aseguradoras. Un 71,5% de estas empresas se encuentran dentro de la GAM. Es importante mencionar que existe un porcentaje, de los cambios realizados en talleres, que se realiza por medio de la subcontratación de EIAs, las cuales una vez que coloca el parabrisas nuevo, se encargan de llevarse el residuo del parabrisas intercambiado. Es por esto, que estos parabrisas pasan a ser un desecho de las EIAs, no así de los talleres. Por esta razón, para la totalidad de desecho producido propiamente por los talleres



solo se consideran los datos proporcionados por el INS. Como se ha mencionado anteriormente, estos datos representan un 82,67% de la flota vehicular asegurada por medio de un seguro voluntario, ya que esta es la cobertura de tal institución para el 2017 (SUGESE, 2017). El restante 17,33% corresponden a aseguradas como MAPFRE, Quálitas, Lafise, Oceánica y Assa, cuyo volumen de parabrisas cambiados resulta de uno a cinco unidades mensuales, por lo que no se considera un volumen significativo a tomar en cuenta.

En conclusión, se identifica que en el país hay un total de 34 EIAs y 242 talleres de enderezado y pintura, donde la mayor cantidad de residuos se generan dentro de la GAM y las empresas deben de asumir un gasto para desecharlos en un SDF, por lo que se muestra interés en la propuesta en cuestión.

### *2.3.1.3 Definición del tamaño de mercado*

A continuación, se define el tamaño de mercado de los usuarios de servicio de recolección, esto con el propósito de identificar la cantidad de clientes potenciales existentes. De esta manera, es posible cuantificar la cantidad de material que se puede recolectar mensualmente.

Como se observa en la Figura 2 y se mencionó anteriormente, el área que genera la mayor parte de residuos de parabrisas corresponde a la GAM, con un valor del 71% del total de residuo generado a nivel nacional, proveniente de 24 empresas. La captación de áreas cercanas a la GAM, como Palmares y Grecia, permitirían aumentar la cobertura de recolección hasta un 83% del total de parabrisas generados a nivel del país para un total de 28 clientes correspondientes a las EIAs (Apéndice 3). Por otro lado, el 71,5% de talleres de enderezado y pintura, que trabajan por medio de aseguradoras, se encuentran ubicados en la GAM, estos representan un total de 173 clientes.

Por lo tanto, se define el tamaño de mercado a las zonas dentro de la GAM, Palmares y Grecia para un aproximado de 201 clientes.

La metodología de cálculo correspondiente al volumen de parabrisas generado mensualmente por cada una de estas zonas se encuentra en la Sección 2.4

## *2.3.2 Compradores del producto final*

### *2.3.2.1 Perfilado del cliente: Entrevistas cualitativas*

En esta sección se realiza el perfilado de los clientes que son compradores del producto final, con el fin de conocer e identificar sus necesidades y requerimientos. Para este caso, al igual que con los usuarios del servicio de recolección, se utiliza una herramienta para empatizar. Sin embargo, se busca un acercamiento más enfocado para comprender sus procesos, sistemas y formas de pensar, de manera que las entrevistas cualitativas presentan la mejor opción. Esta consiste en un contacto personal con las partes interesadas en la cual se realizan preguntas concretas, buscando siempre que el entrevistado describa experiencias que haya vivido y profundizar en las respuestas preguntando el porqué (García R. , 2014).

Cabe destacar que dejar constancia de la entrevista es de suma importancia. Cuando es posible, se realiza con dos personas de manera que una se encargue de realizar las preguntas y la otra de tomar apuntes. Sin embargo, cuando no es posible, se puede grabar bajo el consentimiento del entrevistado. El lenguaje no verbal debe siempre ser considerado y se debe evitar sugerir respuestas o efectuar preguntas con respuesta binaria corta (Doorley, 2017).

#### 2.3.2.1.1 Compradores de vidrio

En esta sección se definen los principales hallazgos encontrados de las diferentes industrias analizadas para incluir el vidrio pulverizado dentro de sus procesos de producción. Las industrias estudiadas son Cemex para la fabricación de cemento y clínker, Productos de Concreto para la producción de concreto prefabricado, así como Meco y Concretera Nacional para la obtención de concreto premezclado.

##### a. Fabricación de cemento y clínker

El vidrio pulverizado es posible introducirlo en la industria de cemento de dos maneras: como sustituto puzolánico y como materia prima para la producción de Clinker (Baltodano, 2018). Este último, es el principal producto del cemento, que se obtiene como resultado de la calcinación de mezclas de calizas arcillosas preparadas artificialmente con la adición eventual de otras materias (Van Vliet, y otros, 2012). Debido a estas aplicaciones, se realiza una entrevista al Gerente de Calidad de la empresa CEMEX, para analizar ambas posibilidades dentro de su sistema de producción.

El clínker se compone de arcilla, caliza y mineral de hierro; estas son fuentes de silicio que el vidrio podría sustituir. CEMEX cuenta con sus propias minas de arcilla por lo que no se ha visto en la necesidad de buscar otras fuentes de silicio. No obstante, anteriormente, sí han incluido vidrio dentro de su proceso de producción, esto como parte de ayuda social hacia la Municipalidad de Abangares para deshacerse de estos residuos, pero no lo han hecho como parte de estrategia de negocio.

El vidrio podría ser incluido en la sección de trituración de caliza, esta es una máquina que tritura 400 toneladas por hora, la cual no se vería afectada por la adición de vidrio. El inconveniente de esto se podría dar en las bandas de transporte de material, las cuales podrían cortarse con el vidrio (Baltodano, 2018).

La pureza del vidrio, para este caso, no sería un punto crítico ya que la harina cruda, como se le conoce a la mezcla de estos componentes, pasaría a un horno a temperaturas de más de 1450 °C donde cualquier partícula plástica que haya quedado adherida al vidrio se evaporaría (Baltodano, 2018).

Para el caso de la adición de vidrio pulverizado como parte de la materia prima para el cemento, presenta ventajas, así como riesgos asociados. El vidrio de parabrisas es un sílice amorfo, esto quiere decir que este ya ha pasado por un proceso de calentamiento térmico que provoca que se deforme, por lo que este tendería a volver a su estado natural, un cristal, lo cual hace que este sea reactivo. Esto permite que el vidrio tenga potencial para incluirse dentro de la matriz de cemento. No obstante, la presencia de partículas de plástico disminuiría su reactividad, así como su desempeño por lo que la pureza del vidrio sería un factor crítico (Baltodano, 2018).



El cemento es un producto más delicado que el clínker ya que la presencia de partículas de plástico podría afectar la calidad del producto, el cual es normado y se encuentra bajo altos estándares de calidad, por lo que se considera más factible para la empresa la utilización de vidrio para la producción de clínker no así del cemento.

El equipo de Cemex se encarga de realizar las pruebas para analizar la factibilidad de incluir el vidrio pulverizado en una de las dos secciones comentadas anteriormente. La prueba de vidrio laminado en clínker tarda siete días para la obtención de los resultados, mientras que la prueba de vidrio laminado en cemento tarda 28 días.

De acuerdo con los resultados obtenidos de las pruebas realizadas en el laboratorio de Cemex, los cuales se pueden consultar en el Anexo 1, el indicador de puzolanicidad debe de tener un mínimo de aprobación de 75% para ambas edades (siete y 28 días).

Las pruebas con vidrio de parabrisas dieron en el límite, por lo que es un valor muy bajo para considerarlo como adición, debido a esto, se descarta que el vidrio laminado se pueda utilizar directamente en el molino de cemento, por lo que la única alternativa es utilizarla para la producción de Clinker, con la limitante que el tamaño del vidrio debe de ser pequeño, alrededor de 10 cm como máximo. Este se debe a que, durante las pruebas, el vidrio y el plástico se separan (Baltodano, 2018).

Además, indican que ellos estarían dispuestos a recibir el vidrio para lo cual hay que pagarles una cuota de definir según la cantidad de producto, por lo no se pueden considerar directamente como clientes potenciales si no como una alianza comercial.

#### b. Concreto prefabricado

En Costa Rica, el mercado de concreto se divide en dos grandes áreas: Concreto prefabricado (pre-cast concrete, PC) y concreto premezclado (ready-mix concrete, RMX). Estas dos líneas de mercado son tan distintas que lo único que comparten es que ambas usan cemento (Vargas, 2018).

El RMX es un concreto de baja o mediana resistencia a la compresión y por ende con cuantías de cemento bajas. Los diseñadores de la mezcla parten del hecho de que no importa dónde vaya a ser colocado el concreto, se requiere del mismo tipo, haciéndolo así que su mercado sea muy genérico (Vargas, 2018).

El mercado de PC se basa en la venta de elementos, no así del concreto individualmente, lo que significa que el concreto que se utiliza en planta debe dar las mayores ventajas posibles para la conformación del producto final. Este suele ser un concreto más caro que los RMX, por dos razones: (1) Cada colón mal reducido en el costo del concreto podría convertirse hasta 40 colones en reprocesos por mala calidad y enfoque del material, por lo que bajar costos en la mezcla olvidando el proceso podría dar con reparaciones muy caras. (2) El concreto para PC tiene una ruta crítica en las resistencias iniciales, no así en las finales, a diferencia del RMX. Por lo tanto, el concreto de una PC debe ser más versátil y necesita de más insumos innovadores para su éxito en la operación (Vargas, 2018). Es por esta razón, que en la entrevista realizada a la empresa Productos de Concreto, donde utilizan el concreto prefabricado, los entrevistados mostraron interés en la propuesta de valor en cuestión.

Dentro de los puntos críticos a considerar para la utilización del material vítreo en sus productos, es que el vidrio debe llevarse a un grado de granulometría lo más cercano posible a las características del cemento hidráulico de 0,5 – 1,5 mm (Calderón, 2018). Otro de los requerimientos es mantener la pureza del vidrio alrededor de 0.5% libre de plástico (Vargas, 2018).

Por otro lado, el proceso de producción de Productos de Concreto se basa en el uso de silos donde se controla la adición de los diferentes materiales; el agregar una nueva materia prima requiere que la empresa invierta en una dosificadora de tonelaje, la cual se encuentra dentro de los planes de la organización por otras decisiones estratégicas. Por lo tanto, la entrega del vidrio pulverizado debe ser presentaciones de una tonelada (Vargas, 2018).

### c. Concreto premezclado

Para el caso del concreto premezclado (RMX) se realiza una entrevista a la empresa MECO, la cual no ha realizado pruebas para la introducción de material vítreo dentro de su proceso de fabricación. Al igual que Productos de Concreto, su producción se basa en la utilización de silos para dosificar la materia prima necesaria para sus mezclas. La cantidad de vidrio potencial generado por la propuesta en cuestión es mínima en comparación con las 20 mil toneladas de concreto fabricadas mensualmente, razón por la cual, los entrevistados concluyen que la inversión en el equipo necesario para la adición de material vitro es muy alta en comparación con el beneficio que se podría obtener de este. Por lo tanto, la constructora MECO no se considera como un cliente potencial (Araya & Araya, 2018).

Otra de las empresas entrevistadas para el concreto premezclado es Concretera Nacional, la cual se muestra interesada en la propuesta en cuestión, debido a que indican que sí han leído e investigado sobre los beneficios que aporta el vidrio pulverizado a la mezcla, principalmente en la resistencia del producto.

Uno de los factores de mayor importancia para Concretera Nacional es la granulometría del producto, ya que esta debe de cumplir con la indicada por la norma ASTM C-136, donde se establece la curva granulométrica aceptada para agregados y arenas en concreto y el vidrio pulverizado funcionaria como sustituto de un porcentaje de estas materias primas. La cantidad que se puede sustituir se define con las pruebas que se deben de realizar, las cuales se detallan en la Sección 3.8.2.2.

Otro aspecto a tomar en cuenta es la presentación del producto, la cual se define que debe de ser en sacos de una tonelada y que se debe de entregar a sus tres plantas de producción: Pavas, Alajueta y Cinco Esquinas.

De esta sección se concluye que, los clientes potenciales para el proyecto son Productos de Concreto y Concretera Nacional. Cemex no se toma como cliente potencial debido a que como se explicó anteriormente, no pagarían por el producto, al contrario de Productos de Concreto y Concretera Nacional, los cuales mostraron interés de adquirirlo. Por otro lado, los niveles de producción de estos son mucho menores que los de Cemex, por lo que su nivel de sustitución representarían una mayor proporción.

### 2.3.2.1.2 Compradores de PVB

En esta sección se definen los principales hallazgos encontrados de las diferentes industrias analizadas para incluir el PVB dentro de sus procesos de producción. Las industrias estudiadas son Alfombras Artísticas Montoya para la fabricación de alfombras, Grupo Sur para la elaboración de barnices y adhesivos, Extralum para la producción de vidrio laminado y Huelera costarricense para la obtención de productos de hule.

#### a. Fabricantes de alfombras

Las alfombras se componen de la lana cosida sobre base plástica, la cual una vez terminado el diseño es cubierta por una capa de látex que la protege del roce con el suelo. El fabricante global Interface, desarrolló una técnica innovadora que sustituye el cubrimiento de látex por PVB reciclado proveniente de vidrios de parabrisas (Interface, 2015). Por esta razón, se realiza una entrevista a la PYME Alfombras Artísticas Montoya, la cual actualmente hace sus recubrimientos en látex.

Existe interés por parte de la empresa en el proyecto debido a que el látex utilizado por ellos se importa de Estados Unidos por lo que los costos asociados son muy elevados. Actualmente se importan 400kg de látex estireno butadieno anualmente de la empresa TR Polymer Group en presentaciones de 200kg por un costo aproximado de \$650, además de \$800 adicionales asociados al transporte. Este látex se prepara junto a carbonato y espesante con el objetivo de alcanzar la consistencia suficiente para que cuando la mezcla sea colocada esta no traspase hasta la lana superior manchándola (Montoya J. , 2018).

Para la empresa Alfombras Artísticas Montoya la sustitución de látex tradicional por PVB les permitiría bajar sus costos de materia prima; además de reducir aproximadamente un 80% de la huella de carbono para la producción de la base de sus alfombras (Interface, 2015).

#### b. Fabricantes de pinturas y adhesivos

El PVB en barnices cumple la función de adhesivo, así como protección ante la corrosión; razón por la cual se realiza una entrevista a la empresa Grupo SUR. Esta cuenta con dos divisiones donde el PVB es utilizado como parte de su materia prima: adhesivos y pinturas. En la entrevista realizada se identifica interés por sustituir un porcentaje de PVB puro utilizado dentro de su fabricación por PVB reciclado como una estrategia comercial que les permita identificar sus productos con un sello ambiental (Diaz, 2018).

El PVB se agrega diluido en etanol dentro del proceso de producción. Las características del PVB reciclado se deben de asemejar a las del PVB normal, donde indican que debe de tener una viscosidad de 24-42 mPas, contenido de PVOH de 18-21%, contenido de PVAc de 1-4%, temperatura de transición vítrea de 65°C, y porcentaje de sólidos mínimos de 97,5%.

#### c. Industria de vidrio laminado

Otra de las posibles aplicaciones para el PVB reciclado es la transformación de este nuevamente a láminas de PVB para la fabricación de vidrio laminado. La empresa Extralum se dedica a la fabricación de vidrio

arquitectónico, razón por la cual trabaja con la división de laminado para vidrios de seguridad. Este se produce por medio de dos aditivos: PVB y resinas. Inicialmente la empresa trabajó únicamente con resinas, sin embargo, cada vez el PVB va sustituyendo más a estos debido a las ventajas presentadas: distorsión, mayor adhesión y menor tendencia a la aparición de burbujas.

El proceso de producción del vidrio laminado se resume en el calentamiento de las dos láminas de vidrio separados por la lámina de PVB, estas son llevadas a altas temperaturas para posteriormente ser trasladadas a una máquina de autoclave donde los altos niveles de presión permiten adherir totalmente los materiales eliminando cualquier presencia de burbujas (García A. , 2018).

Actualmente, Extralum trabaja con láminas de PVB de grosores de 0,38, 0,76, 1,14 y 1,52 mm del proveedor Vanceva, Eastman. Dentro de las principales características de este material se resalta que se trabaja por medio de rollos que van desde 80cm hasta 322cm de ancho con longitudes desde los 125 m hasta los 1500 m (García A. , 2018).

Es importante rescatar que para la reinsertión de PVB reciclado en la fabricación de vidrio laminado, la transformación de este en láminas es un requerimiento.

En Extralum muestran interés por la propuesta de valor del proyecto, debido a que conocen el impacto que genera el vidrio laminado en el ambiente. Actualmente, los residuos de vidrio laminado generado en el proceso de fabricación son llevados a la empresa Holcim para ser utilizados como combustible de los hornos, ya que ninguna otra empresa en Costa Rica les recibe el material, exceptuando los SDF. De igual manera, ellos deben cancelar un costo asociado para que estos vidrios sean recibidos (García A. , 2018).

#### d. Aditivos para productos de hule

Hulera Costarricense inició como empresa en producción industrial con polvo de llanta, azufre y litargirio (PbO) en prensas para la fabricación de repuestos de piezas elastoméricas y de alfombrado en hule para gradas, pasillos, y vehículos. Sin embargo, desde hace varios años el hule virgen comienza a ser desplazado por productos hechos a partir de material reciclado. Además, los costos de producción de Costa Rica sufrieron un aumento considerable. Por lo anterior, optaron por incursionar en productos para obras de infraestructura como apoyos para puentes y edificios, sistemas de protección sísmica, juntas de expansión, recubrimientos elastoméricos y empaques especiales para tubería y represas hidroeléctricas (Borbón, 2018).

Actualmente, la empresa se encuentra en el proceso de investigación y desarrollo para concebir productos a partir de hule reciclado. El proceso consiste en emplear una resina que actuaría como ligante para adherir los granos de hule reciclado. Una vez lista, la mezcla se introduce en una prensa la cual cuenta con una caja de acero en la que se encaja un pistón que aplica presión con el fin de compactar y moldear el material para obtener una pieza con las especificaciones de tamaño y forma requeridas (Borbón, 2018).

De esta manera, el PVB entraría a representar la resina ligante para el proceso. En lo que respecta a las especificaciones, primeramente, se debe probar el material con el hule reciclado con el fin de analizar su

reacción y el comportamiento de la mezcla con el fin de identificar las características químicas y físicas que debe presentar el PVB para ser apto para el proceso productivo (Borbón, 2018).

El PVB se puede utilizar en distintos tipos de industrias con diferentes presentaciones, sin embargo, para etapas posteriores al proyecto, se define que el estudio se va a enfocar principalmente en la producción de adhesivo y barniz, esto debido a que pintura SUR es capaz de absorber la cantidad de PVB reciclado que se puede recuperar.

## 2.4 Análisis de demanda

### 2.4.1 Usuarios de servicio de recolección

En esta fase se realiza una aproximación de la cuantificación de la totalidad de parabrisas que se pueden recolectar mensualmente, para posteriormente poder calcular la cantidad de producto final obtenido.

El análisis de la demanda se efectúa a partir del muestreo realizado para la caracterización y definición del mercado. Para el caso de las EIAs, se realiza un muestreo del 60% incluyendo un 54,17% de las empresas en la GAM y 60% fuera de la GAM. En la encuesta realizada (Apéndice 4), se consultó el volumen promedio de parabrisas desechados mensualmente en tres escenarios: pesimista, normal y optimista. Esto debido a que ninguna de las empresas mantiene un registro de estos datos.

Para la cuantificación de residuo de parabrisas generado mensualmente por las EIAs se obtuvo la media muestreada según la ubicación de las EIAs (dentro y fuera de la GAM). Esta se multiplica por la cantidad total de empresas ubicadas en estas dos áreas geográficas respectivamente. Cabe mencionar que se identificó un caso con comportamiento atípico respecto al volumen de parabrisas desechados mensualmente dentro de la GAM, el cual se considera como población 2. Por esta razón, en este caso se sacó el dato del cálculo de la media para las EIAs dentro de la GAM, para ser tomando en cuenta posteriormente en la totalidad (Apéndice 4).

Por parte de las EIAs se obtiene un promedio mensual en el escenario normal dentro de la GAM de 64,4 parabrisas, 77,5 para el pesimista y 91,3 para el optimista, por empresa. Por lo tanto, para la totalidad de EIAs dentro de la GAM se obtendría un promedio de 2082 parabrisas mensuales para el escenario pesimista, 2483 para el normal y 2899 para el optimista (Apéndice 3).

Para el caso de las zonas de Palmares y Grecia se multiplica la media de residuo generado por las áreas fuera de la GAM por estas cuatro empresas para obtener una totalidad de 380 parabrisas mensuales en el escenario pesimista, 403 en el normal y 427 en el optimista.

Respecto a los Talleres de Enderezado y Pintura se consultó el registro de cambios de parabrisas realizados por el INS, el cual abarca el 82,67% de la flota vehicular asegurada por medio de un seguro voluntario (SUGESE, 2017). Por políticas de la institución, únicamente es posible obtener la totalidad de cambios de parabrisas realizados mensualmente nivel nacional en el año 2017 (INS, 2018). Por lo tanto, se considera como el escenario pesimista el mínimo de cambios de parabrisas realizados en este año, como normal la media y como optimista el máximo. Además, debido a que la delimitación del mercado abarca las zonas

de la GAM, Palmares y Grecia, las cuales representan el 70% de los talleres a nivel nacional se multiplica este porcentaje por la totalidad mensual a nivel nacional. De esta manera se esperan 153 parabrisas como escenario pesimista, 213 en el normal y 266 en el optimista mensualmente por parte de este mercado.

Por lo tanto, el volumen esperado de parabrisas mensuales a recolectar proveniente de las EIAs y talleres de enderezado y pintura es de 2614 unidades en un escenario pesimista, 3099 en un escenario normal y 3591 en el optimista. Para la definición de los kilogramos se toma el peso de los carros compactos, los cuales representan un 76,4% la flota vehicular costarricense (INEC, 2015). Este tiene un promedio de 11,4 kg, del cual un 1 kg corresponde a PVB (ArtGlass Recykling, 2018). En la Tabla 6 se puede observar el total de parabrisas desechados por las EIAs y talleres de enderezado y pintura, su peso en kilogramos y el peso respectivo de lo que representa el vidrio y el PVB por separado. Cabe resaltar que los datos presentados son estimaciones que pueden variar con el desarrollo del proyecto y con el proceso de transformación seleccionado.

Tabla 6. Cálculo del total de parabrisas desechados por las EIAs y talleres de enderezado y pintura a nivel poblacional para cada escenario.

	Pesimista (unds. de parabrisas)	Normal (unds. de parabrisas)	Optimista (unds. de parabrisas)
EIAs	2 462	2 886	3 325
Talleres de Enderezado y Pintura	153	213	266
<b>Total (uds)</b>	<b>2 614</b>	<b>3 099</b>	<b>3 591</b>
<b>Total (kg)</b>	<b>29 802</b>	<b>35 327</b>	<b>40 937</b>
<b>Total de vidrio (kg)</b>	<b>27 188</b>	<b>32 228</b>	<b>37 346</b>
<b>Total de PVB (kg)</b>	<b>2 614</b>	<b>3 099</b>	<b>3 591</b>
<b>Total (m<sup>3</sup>)</b>	<b>24</b>	<b>28</b>	<b>32</b>

#### 2.4.2 Compradores de producto final

En esta fase se realiza el análisis de la demanda de los compradores de producto final con el propósito de definir la cantidad de vidrio pulverizado o de PVB que requieren los clientes potenciales.

El análisis de demanda para los compradores de producto final se estima a partir de los datos proporcionados por los entrevistados en las distintas visitas realizadas a los clientes potenciales del proyecto.

En la Tabla 7, se presentan los datos obtenidos para los compradores de vidrio pulverizado.

Tabla 7. Demanda de vidrio pulverizado.

Empresa	Demanda en unidades requeridas por la empresa	Demanda de vidrio pulverizado en kg/mes
---------	---	---

CEMEX	No especifican la demanda requerida, pero indican que utilizan maquinaria que procesan 400 toneladas/hora, lo que podrían absorber el total de producción de vidrio pulverizado.	35 327 kg/mes
Productos de Concreto	Cemento: 120 toneladas/mes Porcentaje de sustitución: 20% (Nassar & Soroushian, 2011) Vidrio pulverizado: 24 toneladas/mes	24 000 kg/mes
Concretera Nacional	Agregados: 4330 m <sup>3</sup> /mes. Porcentaje de sustitución: 20% Vidrio pulverizado: 866 m <sup>3</sup> /mes.	969 920 kg/mes

En la Tabla 8, se presentan los datos obtenidos para los compradores de PVB.

Tabla 8. Demanda de PVB.

Empresa	Demanda en unidades requeridas por la empresa	Demanda de PVB en kg/mes
Alfombras Artísticas Montoya	2 tambores/año	339,94 kg/mes
Grupo SUR	3000 kg/mes	3000 kg/mes
Extralum	6 000 m <sup>2</sup> /mes	609 330 kg/mes
Hulera Costarricense	2 000 kg/mes	2 000 kg/mes

De acuerdo con esta información se obtienen los porcentajes de cobertura de la demanda que se muestran en la Tabla 9.

Tabla 9. Porcentaje de la demanda requerida por los potenciales clientes respecto a oferta.

Empresa	Cobertura
Cemex	>100%
Productos de Concreto	74%
Concretera Nacional	>100%
Alfombras Artísticas Montoya	11%
Grupo SUR	96%
Extralum	>100%
Hulera Costarricense	65%

Para el caso del vidrio pulverizado, se puede concluir que las empresas CEMEX y Concretera Nacional pueden consumir todo el producto final generado, no es el caso de Productos de Concreto donde se requiere aproximadamente solo un 74% de la oferta. Es importante rescatar que, como se mencionó anteriormente, CEMEX podría consumir todo este material bajo un costo asociado ya que para ellos no representa una oportunidad de negocio. Para la resina de PVB, Alfombras Artísticas Montoya requiere solo

un 11% del producto final. Extralum demanda un 19 662% más de lo ofrecido, por lo que estos se encuentran anuentes a sustituir un porcentaje de su materia prima, pero esta debe de estar completamente pura. Grupo Sur requiere el 96% de la producción y La Hulera Costarricense solo requiere aproximadamente un 65% del material ofertado.

Cabe destacar que los datos de demanda presentes tanto para los usuarios del servicio de recolección como para los compradores de los productos finales son datos estimados gracias a la información recopilada por medio de investigación y entrevistas. Los mismos pueden sufrir cambios según el alcance y la definición del proceso específico de transformación a aplicar.

## 2.5 Estudio legal

Esta fase del estudio comprende el análisis del marco legal aplicable para el proyecto. Por lo tanto, a continuación, se explican los elementos más importantes divididos en dos áreas: legislación aplicable a la formación de un negocio, y la reglamentación asociada a la GIR.

### 2.5.1 Legislación aplicable a la formación de un negocio

A continuación, se explican los aspectos principales para el establecimiento de manera formal de una empresa en Costa Rica.

#### 2.5.1.1 *Inscripción de la empresa ante el Registro Nacional*

En Costa Rica, se puede optar por inscribir una empresa como una sociedad anónima (S.A), de responsabilidad limitada (S.R.L), comandita simple (C.S), o sociedad en nombre colectivo (S.N.C), siendo la primera la más común y la de interés en este proyecto. La sociedad anónima es una entidad jurídica en donde participa como socio, por medio de una cantidad de acciones de un valor determinado y se puede constituir por al menos dos socios. La creación de una sociedad en Costa Rica solo puede realizarse por un Notario Público, por lo tanto, las personas interesadas deben constituir ante el notario una escritura pública de acuerdo con los requisitos del artículo 18 del Código de Comercio, para que posteriormente este se encargue de realizar la inscripción (Cámara de Comercio de Costa Rica, 2013). Este proceso oscila entre 15 a 30 días y no existe un plazo legal establecido para este trámite y tiene un costo asociado de ₡ 241 046,25.

Una vez inscrita la empresa en el Registro Público, se puede inscribir la marca y el nombre comercial ante el Registro de Propiedad Industrial, el cual tiene una duración de cuatro meses y medio como mínimo y un costo aproximado de ₡ 265 650.

#### 2.5.1.2 *Inscripción de la empresa como contribuyente tributario*

Esta inscripción es obligatoria para todas aquellas personas físicas o jurídicas que realicen una o más actividades económicas, para persona jurídica se deben realizar por medio de su representante legal. Además, se debe de realizar la legalización de los libros. Los libros contables son Diario, Mayor e Inventario y Balances, además, debido a que se establece la empresa como sociedad anónima, se deben de tener



libros adicionales (sociales) que son Actas de la Asamblea de Socios, Actas de Consejo de Administración (Junta Directiva), Registro de Socios (accionistas), y el Registro de Obligaciones, en caso de que corresponda (Cámara de Comercio de Costa Rica, 2013). Este proceso no tiene un costo asociado.

#### *2.5.1.3 Suscripción de póliza de riesgos de trabajo*

En el Código de Trabajo se establece que el patrono debe de asegurar a sus colaboradores por los riesgos del trabajo, para lo cual se debe suscribir una póliza ante una aseguradora autorizada en el país. La aseguradora valora los casos y define la tarifa y la prima, proceso que puede durar aproximadamente 20 minutos. Mensualmente, el patrono debe remitir a la aseguradora un estado de la planilla. Es importante cumplir con esta obligación, debido a que su incumplimiento conlleva a sanciones al patrono, inclusive el cierre del negocio (Cámara de Comercio de Costa Rica, 2013). El costo de la póliza de riesgos de trabajo corresponde al 3% de la planilla y se debe de pagar trimestralmente.

#### *2.5.1.4 Inscripción de la empresa a la Caja Costarricense del Seguro Social (CCSS)*

Las empresas en Costa Rica deben de estar registradas ante la CCSS, para lo cual el patrono debe de inscribirse. El aseguramiento de los trabajadores debe hacerse de forma inmediata apenas los trabajadores empiecen a laborar en la organización. El patrono debe de remitir las planillas en los tres primeros días hábiles de cada mes, con la información del mes anterior y realizar el pago del seguro social de sus colaboradores. El incumplimiento de este pago implica recargos según el atraso, hasta el cierre del establecimiento cuando haya una mora por más de dos meses (Cámara de Comercio de Costa Rica, 2013). La inscripción de la empresa ante la CCSS no tiene un costo asociado.

#### *2.5.1.5 Solicitud de viabilidad ambiental*

De acuerdo con el Setena, la Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), es un procedimiento científico-técnico que permite identificar y predecir los efectos que tendrá en el ambiente, una actividad, obra o proyecto, de manera que se puedan cuantificar para la toma de decisiones. El Departamento de Evaluación Ambiental (DEA) es el encargado de realizar este análisis (Setena, 2016).

Esta evaluación se divide en tres fases; la primera fase consiste en la Evaluación Ambiental Inicial; la segunda fase consiste en la confección del instrumento de evaluación ambiental que corresponda, según el nivel de impacto ambiental del proyecto, los cuales pueden ser La Declaración Jurada de Compromisos Ambientales (DJCA), el Pronóstico de Plan de Gestión Ambiental (P-PGA), y el Estudio de Impacto Ambiental; la tercera fase consiste en el Control y Seguimiento ambiental del proyecto. Con los resultados de la primera fase se determina en qué nivel de impacto se clasifica el proyecto (bajo, moderado o alto) y así se define como continuar, ya que los requisitos dependen de este nivel (Setena, 2016). La duración del estudio depende también del nivel de impacto, pero como máximo se dispone de hasta cinco meses.

#### *2.5.1.6 Solicitud de permiso de funcionamiento ante el Ministerio de Salud*

Según se indica en la Ley General de la Salud y el Reglamento para Autorizaciones y Permisos Sanitarios de Funcionamiento, los cuales son concedidos por el Ministerio de Salud (MS), todos los establecimientos

industriales, comerciales, y de servicio deben de contar con la autorización o permiso sanitario de funcionamiento para poder operar en el territorio nacional. El establecimiento o actividad se clasifica en una de las tres categorías (alto, moderado o bajo) según el nivel de riesgo ambiental y sanitario. El permiso sanitario de funcionamiento (PSF) se puede solicitar una vez que se cumpla con los siguientes requisitos: Resolución Municipal de Ubicación, planos constructivos del establecimiento, viabilidad ambiental, nota de disponibilidad de alcantarillado sanitario, permiso de vertido del MINAE, estar inscrito y al día con la CCSS (Ministerio de Salud, 2018). Este proceso dura alrededor de un mes.

#### *2.5.1.7 Solicitud de patente municipal*

De acuerdo con el Código Municipal, cualquier actividad lucrativa requiere de una licencia o patente de la municipalidad del cantón donde se encuentra ubicada. Estos trámites varían entre municipalidades, por lo que todavía no se puede definir con exactitud sus requisitos dado que no se ha realizado el estudio de localización. Pero de manera general se define que se debe presentar una certificación de la personería jurídica certificada por un Notario Público, copia del PSF, contrato de la póliza de riesgos de trabajo, estudio de uso de suelo y es necesario que el solicitante se encuentre al día con los pagos de los impuestos municipales (Cámara de Comercio de Costa Rica, 2013). El costo de la patente municipal se calcula de acuerdo con la facturación efectuada y se debe de pagar cada tres meses.

### 2.5.2 Reglamentación asociada a la Gestión Integral de Residuos

#### *2.5.2.1 Oficialización de la Estrategia Nacional para la Separación, Recuperación y Valorización de Residuos (Decreto No. 39760).*

La Estrategia Nacional para la Separación, Recuperación y Valorización de Residuos (ENSRVR), se oficializa para su implementación obligatoria, con el fin de desarrollar un modelo inclusivo para la gestión integral de los residuos sólidos en el país que permita el fortalecimiento de las capacidades entre el sector público, sector privado y sociedad civil, del 2016 al 2021 (DIGECA, 2018). Se pretende otorgarle un valor a aquellos residuos que aún pueden ser reincorporados a los procesos productivos. La gestión integral de residuos debe hacerse de acuerdo con el siguiente orden jerárquico: I. Evitar, II. Reducir, III. Reutilizar, IV. Valorizar, V. Tratar y VI. Disponer (Decreto No. 39760, 2016).

En el Decreto se establece que existen cinco categorías para la separación de los tipos de residuos las cuales son: orgánicos, envases, aluminio, papel y cartón, y ordinarios. Estos últimos se consideran como residuos no valorizables. Además, se agregan otras tres categorías según la necesidad del generador: bioinfecciosos, vidrio, y manejo especial. Donde, en vidrio solamente se incluyen los envases, mientras que se excluye el vidrio plano como ventanas, celosías cerámicas, entre otros (Decreto No. 39760, 2016). Además, dentro del listado de residuos declarados de manejo especial no se incluye el vidrio laminado.

Según se establece en el punto 5.2.1 Gestión Administrativa, inciso d) Congestión de Residuos Sólidos, la recolección, manejo y valorización de los residuos sólidos debe promover la congestión entre entidades públicas y privadas, es decir, entre municipalidades y gestores autorizados de residuos sólidos, facilitando los emprendimientos y empresas de la comunidad. De esta manera, las municipalidades pueden delegar

a la empresa privada u otras organizaciones de la comunidad la responsabilidad de la recolección y valorización de los residuos valorizables. Sin embargo, la municipalidad no debe de dejar de lado la responsabilidad de velar por el cumplimiento de las leyes, lineamientos y la correcta manipulación de los gestores privados (Decreto No. 39 760, 2016).

#### *2.5.2.2 Ley para la Gestión Integral de Residuos (No. 8839) y Reglamento General a la Ley General de Gestión Integral de Residuos (No. 37567- SMINAET- H)*

Este reglamento tiene como principal objetivo, regular la gestión de los residuos a nivel nacional, para asegurar que se ejecute un trabajo articulado en la GIR, con el fin de prevenir riesgos sanitarios, proteger y promover la calidad ambiental, la salud y el bienestar de la población. Considera que la salud de la población es de interés público y es deber del Estado adoptar las medidas que sean necesarias para prevenir o corregir la contaminación ambiental, por lo que es potestad del Ministerio de Salud y del Ministerio de Ambiente y Energía debe velar por su cumplimiento respectivamente. Además, las municipalidades son las responsables de la GIR, generados en su cantón, por lo que deben aplicar medidas que sean necesarias para alcanzar dicha gestión. Asimismo, la Ley establece los derechos, obligaciones, atribuciones y responsabilidades de la sociedad en conjunto para asegurar una GIR, mediante los principios de responsabilidad compartida, responsabilidad extendida del productor, internalización de costos, prevención en la fuente, precautorio, acceso a la información, deber de informar y participación ciudadana (La Gaceta, 2013).

Además, de acuerdo el artículo 22 Medidas Especiales de la Ley, el Ministerio de Salud en coordinación con el Ministerio de Ambiente, Energía y Telecomunicaciones, deben de promover las estructuras de comercialización de residuos valorizables y de productos derivados de estos (Decreto No. 8839, 2010).

La inscripción como Gestor de Residuo es un requisito establecido en el artículo 32 de dicha ley, donde se establece que toda persona física o jurídica, pública o privada, que se dedique a la gestión total o parcial de residuos debe de registrarse ante el Ministerio de Salud y cumplir con los requisitos establecidos en el Reglamento General. En esto se incluyen las etapas de recolección, transporte, acopio, valorización, desensamblaje, exportación, tratamiento y disposición final (Ministerio de Salud, 2018). Para esto, se deben cumplir con los requisitos estipulados en el capítulo X del Reglamento, Registro de Gestores, artículo 46, los cuales se delimitan a continuación:

- Contar con el permiso sanitario de funcionamiento y patente municipal vigente.
- Pagar el monto por concepto de registro
- Presentar el formulario de acuerdo con la actividad que desarrolla acreditando la documentación de respaldo que se solicita.
- Contar con un programa de GIR en su calidad de generador de residuos como resultado de su actividad de manejo.

De acuerdo con el artículo 49 del Reglamento, y en conformidad con el artículo 32 de la Ley, los gestores pagan por concepto de registro el siguiente monto (Ministerio de Salud, 2018):

- Grandes Gestores: dos mil dólares (US\$2000)
- Medianos: mil dólares (US\$1000)
- Pequeños: cien dólares (US\$100)
- Micro: veinticinco dólares (US\$25).

Donde, la categorización del tamaño se realizará de acuerdo con la fórmula establecida en el “Reglamento General a la Ley No. 8262 de Fortalecimiento de las Pequeñas y Medianas Empresas”, Decreto Ejecutivo No. 37121-MEIC.

#### *2.5.2.3 Reglamento de Centros de Recuperación de Residuos Valorizables (Decreto No. 35906-S)*

En este reglamento, se establece los requisitos y condiciones físico-sanitarias que deben cumplir los centros de recuperación de residuos valorizables para su funcionamiento, en armonía con la salud y el ambiente en el territorio nacional. Razón por la cual es de gran importancia tomarla en consideración para el diseño de planta que se efectuará en la siguiente fase del proyecto y prestar atención primordialmente a los requisitos listados en el artículo 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10 (Decreto No. 35906-S, 2010).

#### *2.5.2.4 Reglamento para la declaratoria de residuos de manejo especial (Decreto No. 38272-S)*

Este reglamento tiene como tres objetivos principales (Decreto No. 38272-S, 2014):

- a) Establecer criterios generales y el procedimiento general para la gestión de los residuos declarados como residuos de manejo especial;
- b) Establecer los diferentes niveles de responsabilidad y proponer formas de organización y participación en el manejo de los residuos de manejo especial por parte de los productores, importadores, distribuidores, comercializadores, generadores, y gestores; así como de las municipalidades.
- c) Promover a través de los Planes de Cumplimiento y los Planes Municipales de Gestión Integral de Residuos Sólidos, la reducción de los residuos de manejo especial enviados a tratamiento y a sitios de disposición final.

A pesar de que el vidrio laminado no es considerado como un residuo de manejo especial, de acuerdo con el artículo 5 del reglamento, cualquier persona física o jurídica puede solicitar al MS la inclusión de un residuo particular no considerado hasta el momento como de manejo especial, para que este sea evaluado, según los criterios que se estipulan en el artículo 6 (Decreto No. 38272-S, 2014):

- a) Composición: Se valorará la necesidad de separación de sus componentes previo a la valorización de algunos o cada uno de los mismos.
- b) Necesidades de transporte: Se valorará los requerimientos de transporte de acuerdo con el peso y volumen del residuo.
- c) Condiciones de almacenaje: Se valorarán las condiciones especiales de aislamiento requeridas por tipo de residuo.
- d) Formas de uso: Se valorará si existe un modelo o forma válida de gestión.

- e) Valor de recuperación: Se evaluará el equilibrio entre los valores económicos, ambientales y sociales que se puedan generar en el proceso de valorización del residuo.

Adicionalmente, se aplicarán como criterios transversales los riesgos significativos a la salud y degradación sistemática de la calidad del ecosistema.

Con el estudio legal se identifican las legislaciones aplicables para la formación de un negocio, las cuales son de gran importancia para la fase de validación, además, se concluye que no existen barreras legales para el desarrollo del proyecto.

## 2.6 Conclusión del diagnóstico

- El mercado para el servicio de recolección de parabrisas no cuenta con competidores directos ya que en Costa Rica no existe ninguna empresa u organización dedicada a la recolección, tratamiento y valorización del vidrio laminado. No obstante, existe una amenaza relacionada con los SDF, ya que los generadores del residuo siguen teniendo la posibilidad de disponer de esta manera sus residuos por lo que la decisión dependerá de su concientización ambiental.
- El mercado de venta de vidrio pulverizado como materia prima para la producción de cemento y concreto no se ha desarrollado en el país debido a que estas empresas tienen sus propias minas fuentes de silicio. Estas no se han encontrado en la necesidad de buscar otras fuentes por lo que no consideran una oportunidad de negocio la inclusión de material vítreo dentro de su matriz de materia prima.
- La utilización de material vítreo para la fabricación de productos de concreto, por tamaño de mercado y sus características, tiene un mayor valor agregado en este mercado, teniendo efectos positivos en la calidad del producto final donde existe una potencial mejora de la resistencia, por lo que es el campo donde el proyecto va a profundizar la investigación.
- Para el caso del PVB, en el país no existe un proveedor de este material por lo que la totalidad de este es importada, asociándole así altos costos e interés por parte de los fabricantes que utilizan este como materia prima de sus productos. Además, al sustituir algunas de sus materias primas aditivas, ya sea en su totalidad o porcentaje, les permitiría reconocer en sus productos un sello ambiental. Para etapas posteriores al proyecto, la sustitución del PVB se enfocará principalmente en adhesivos y barniz.
- La estrategia de modelo de negocio se basa en un modelo colaborativo sustentado en las necesidades de los clientes, el cual requiere estar acompañado de una campaña de concientización ambiental por medio de un programa de reconocimiento a aquellas empresas que hagan una buena disposición del vidrio laminado, así como de la utilización de materias primas recicladas.
- Por medio del estudio legal se identifican todas las legislaciones que rigen el desarrollo de un negocio en territorio costarricense, así como el cumplimiento de la normativa para su funcionamiento. Con esto se concluye que no existen barreras legales que impidan el desarrollo del negocio.
- De acuerdo con lo anterior se considera que en la etapa de diseño se requiere desarrollar un proceso productivo con la capacidad suficiente para procesar la cantidad de material que se proyecta recibir, es decir 35 toneladas. De igual manera, se requiere establecer el funcionamiento del sistema de recolección con el fin de lograr definir las rutas y frecuencias de recolección óptimas. Además, se debe determinar, de los compradores potenciales, cuáles son los que se van a tomar en cuenta.

## Capítulo III: Diseño

### 3.1 Objetivos de diseño

#### 3.1.1 Objetivo general

Diseñar el modelo de negocio por medio de la definición del servicio de recolección, el proceso productivo, la distribución de la planta operativa y el plan de mercadeo y ventas, para determinar su factibilidad técnica y la viabilidad económica.

#### 3.1.2 Objetivos específicos

- Plantear el proceso de recolección a utilizar por medio del establecimiento de la ruta, flotilla y frecuencia con el objetivo de seleccionar el sistema de transporte.
- Seleccionar y adaptar el proceso de transformación de vidrio laminado mediante la investigación de las alternativas existentes, con el fin de determinar los requerimientos del sistema productivo.
- Definir los insumos y el recurso humano necesarios en las actividades operativas para caracterizarlos e identificar los costos asociados.
- Ejecutar pruebas a escala de las actividades operativas que forman parte del proceso productivo y analizar el material obtenido mediante experimentos y pruebas de laboratorio con el fin de identificar el producto mínimo viable.
- Definir la localización de la planta de operación, así como sus requerimientos espaciales, para la elaboración del diseño de las instalaciones.
- Desarrollar el plan de mercadeo y ventas por medio de la planificación de las actividades relacionadas con la distribución y promoción de los productos y servicios ofrecidos por la empresa para establecer una estrategia efectiva de acercamiento a los clientes.

### 3.2 Metodología de diseño

Para delimitar la etapa de diseño del proyecto, se definen las actividades que se van a desarrollar en esta fase, junto con las herramientas que se utilizan y los resultados. El detalle de la metodología se puede observar en la Tabla 10.

Tabla 10. Metodología utilizada para el desarrollo de la etapa de diseño.

Actividad	Herramientas	Resultados
Estudio de proceso de recolección	Método del vecino más cercano y Route4Me	Rutas para el servicio de recolección y la entrega del producto final definidas
	Revisión bibliográfica	Flotilla requerida para realizar proceso de recolección
	Revisión bibliográfica y entrevista con expertos	Listado de posibles proveedores de vehículos

Tabla 11. Metodología utilizada para el desarrollo de la etapa de diseño (continuación).

Actividad	Herramientas	Resultados
Estudio de proceso de recolección	Investigación de campo Entrevista con expertos y revisión bibliográfica	Opciones para tercerizar el servicio de transporte Método de recolección seleccionado Costos asociados al proceso de recolección Ciclo del servicio
Establecimiento del proceso productivo	Revisión bibliográfica e investigación de campo Diagrama de flujo del proceso Mapa de interacción de procesos Entrevista con expertos e investigación de campo	Capacidades y requerimientos de procesos de transformación de vidrio laminado existentes Capacidad requerida del proceso productivo Proceso de adaptabilidad a condiciones nacionales Flujo del valor del producto Representación gráfica de procesos Listado de equipo requerido con sus respectivas especificaciones técnicas Costo de maquinaria
Identificación de los insumos requeridos	Revisión bibliográfica Investigación de campo	Cantidad y caracterización de materiales Lista de proveedores Costos de los insumos requeridos Materiales auxiliares
Identificación del recurso humano requerido	Revisión bibliográfica Investigación de campo	Cantidad y caracterización de talento humano Costos asociados al recurso humano requerido
Producto Mínimo Viable	Trabajo de campo Pruebas de laboratorio	Factibilidad técnica del proceso productivo Caracterización de los materiales obtenidos del proceso de transformación
Elaboración de diseño de instalaciones	Método cualitativo por puntos para localización Entrevista con expertos e investigación de campo Matriz de relaciones Análisis de flujo y recorridos Cálculo de requerimientos espaciales Método de distribución por proceso Investigación de campo	Localización de planta de operación Listado de equipo requerido con sus respectivas especificaciones técnicas Costo de maquinaria Diseño de planos de distribución Costos de las instalaciones
Elaboración del plan de mercadeo y ventas	Revisión bibliográfica e investigación de campo Entrevista con expertos e investigación de campo	Objetivos de marketing Canales de distribución a utilizar Promoción del servicio y los productos finales Plan de introducción al mercado Sistema de ventas

### 3.3 Estudio del proceso de recolección y entrega del producto final

El objetivo de la mayoría de los problemas de enrutamiento y programación es minimizar el costo total de la prestación del servicio. Esto incluye los costos de capital del vehículo, el kilometraje y los costos del personal (C.Hakserver, B.Render, R.Russel, & R.Murdick, 2000). Debido a esto, se propone un sistema de enrutamiento y programación de vehículos con el objetivo de abarcar el servicio de recolección de parabrisas, así como de entrega de producto final a las diferentes partes interesadas que conforman el tamaño de mercado definido en la etapa de diagnóstico.

La clasificación de los problemas de enrutamiento y programación depende de ciertas características del sistema de entrega de servicios, como el tamaño de la flotilla de entrega, la capacidad de los vehículos y los objetivos de enrutamiento y programación. Debido a las características del sistema en estudio, de las cuales se destacan las restricciones de la capacidad de los vehículos y la demanda variable de cada uno de los nodos, el sistema se clasifica como un Problema de Enrutamiento de Vehículo (VRP, por sus siglas en inglés) (C.Hakserver et al, 2000). El nodo hace referencia a la unión de varios elementos que confluyen en un mismo lugar, en este caso son las agrupaciones de los clientes del servicio de recolección de parabrisas por sectores.

#### 3.3.1 Ruteo del servicio de recolección

Tabla 11. Ubicación de EIAs y Talleres de Enderezado y Pintura según provincia.

Provincia	Cantidad Clientes	Porcentaje
San José	119	61.7%
Heredia	25	13.0%
Cartago	24	12.4%
Alajuela	25	13.0%
Total	193	100%

A continuación, se realiza el análisis del ruteo para usuarios del servicio de recolección, que corresponden a los talleres y EIAs. Inicialmente, se realiza la identificación de los nodos que deben formar parte de la ruta, estos se encuentran identificados en la Figura 3.



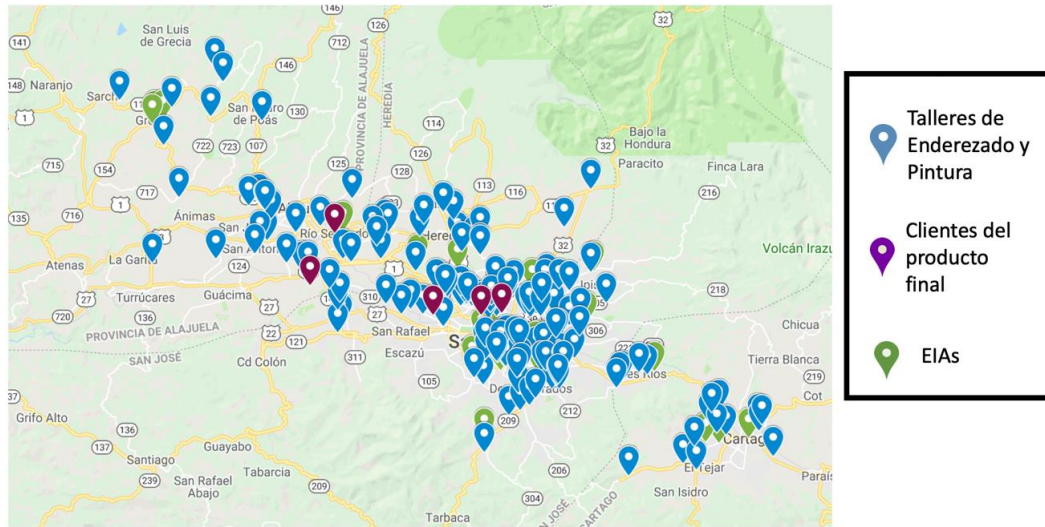


Figura 3. Localización de usuarios de servicio de recolección y clientes de producto final.

Uno de los primeros enfoques que se utiliza para abarcar un problema de ruteo es la formación de clústers o grupos de acuerdo a localización geográfica de los diferentes nodos que conforman la ruta. Para la formación de estos clúster es importante considerar, barreras físicas como ríos, montañas, autopistas y ciudades (C.Hakserver et all, 2000). Es por esto que se evalúan todos los clientes de acuerdo a las características mencionadas y se obtienen los resultados que se muestran en Tabla 12.

Tabla 12. Clúster de clientes del servicio de recolección de parabrisas.

Grupo	Sectores geográficos	Cantidad de clientes (EIAs y Talleres)	Volumen de parabrisas generado por las EIAs (ton)		
			Pesimista	Probable	Optimista
1	Grecia, Palmares, Poás de Alajuela, Tacaes de Alajuela	12	5,34	5,59	5,86
2	Alajuela, La Garita de Alajuela, Desamparados Alajuela, Santa Ana, La Ribera	24	2,39	2,45	2,51
3	La Ribera, Ulloa, Mercedes, San Joaquín, Barva, San Rafael, San Pablo, Santo Domingo, Heredia	19	1,45	1,57	1,71
4	Pavas, Escazú, La Uruca, Tibás	27	0,00	0,00	0,00
5	Guadalupe, Mercedes, Sabanilla, Patalillo, Parrá	25	3,27	3,46	3,67
6	San José, Hatillo, Alajuelita, La Carit	25	7,14	7,14	7,14
7	Desamparados, Curridabat, Zapote	30	12,44	14,01	15,62
8	Tres Ríos, San Diego, Cartago	23	4,84	5,34	5,88

Existen zonas como La Ribera que pertenecen a más de una agrupación, esto debido a que por su localización, se logra acomodar en distintos clúster.

Para este análisis se considera el volumen generado por las EIAs en cada uno de estos grupos; esto se debe a que, como se ha mencionado anteriormente, los parabrisas provenientes de Talleres de Enderezado y Pintura generan alrededor de los 213 parabrisas mensuales provenientes de 173 Talleres. Por lo tanto, el origen individual de cada uno de estos parabrisas independientes es desconocido.

Es importante mencionar que el grupo cuatro, de la Tabla 12, no cuenta con ninguna EIA por lo que el volumen de parabrisas generado es igual a cero.

En las encuestas realizadas a los talleres, se identifica que la demanda por el servicio de cambio de parabrisas no es constante y que pueden variar desde uno a 10 parabrisas mensuales. Esto causa en el ruteo, que las visitas dependen de la acumulación generada de parabrisas en cada uno de los sitios, por lo que la visita no es fija.

De esta manera, se determina que el método de ruteo debe ser flexible, es decir, ajustable de acuerdo a los talleres de Enderezado y Pintura que requieran del servicio. No es el caso de las EIAs, las cuales se considera que su visita debe ser constante por la cantidad de parabrisas que generan.

Con el objetivo de entender todas las variables involucradas en el ruteo, se continúa el estudio tomando el escenario donde se deban visitar todos los puntos de recolección. Esto con el fin de considerar el caso en que se generaría el mayor gasto por la empresa.

Inicialmente, se realiza un análisis heurístico por medio del Procedimiento del Vecino más Cercano (NNP, por sus siglas en inglés), donde se crea un recorrido basado únicamente en el costo o la distancia del viaje desde el último nodo visitado hasta el nodo más cercano en la red. Tanto el punto de salida como el punto de llegada se definen a partir de la localización de la planta productiva, la cual se ubica en la zona de La Uruca según el análisis realizado en la Sección 3.9.1.

Este análisis inicial, se realiza con el objetivo de conocer la posibilidad de definir la ruta para cada clúster, la cantidad de clientes involucrados y el volumen de parabrisas a recolectar. Para esto se utiliza la herramienta de Google Maps. El resultado obtenido se muestra en Tabla 13.

Tabla 13. Resumen de resultados del ruteo obtenido por medio del método NNP.

Grupo	Sectores geográficos	Distancia (km)	Tiempo total de ruta (h)
1	Grecia, Palmares, Poás de Alajuela, Tacaes de Alajuela	147,2	6,8

Tabla 14. Resumen de resultados del ruteo obtenido por medio del método NNP (continuación).

Grupo	Sectores geográficos	Distancia (km)	Tiempo total de ruta (h)
2	Alajuela, La Garita de Alajuela, Desamparados Alajuela, Santa Ana, La Ribera	75,3	6,9
3	La Ribera, Ulloa, Mercedes, San Joaquín, Barva, San Rafael, San Pablo, Santo Domingo Heredia	38,5	5,6
4	Pavas, Escazú, La Uruca, Tibás	50,0	6,2
5	Guadalupe, Mercedes, Sabanilla, Patalillo, Pará	77,1	7,9
6	San José, Hatillo, Alajuelita, La Carit	42,7	7,9
7	Desamparados, Curridabat, Zapote	44,6	8,3
8	Tres Ríos, San Diego, Cartago	106,7	8,1
<b>Total</b>		<b>532,1</b>	<b>52,8</b>

Para el tiempo total de la ruta se considera el periodo que se tarda en recorrer de un nodo a otro, así como 10 minutos en cada Taller de Enderezado y Pintura y 30 minutos en cada EIAs. Esta aproximación se define a partir del volumen a recolectar en cada uno de los casos.

Realizar el ruteo por medio de los clúster identificados permite visualizar en general las posibles rutas a tomar para recolectar el material. Sin embargo, se conocen herramientas de optimización que permiten acortar los tiempos de traslado de un punto a otro por lo que utiliza la aplicación Route4Me para comprar los resultados. Esta herramienta es una plataforma web que se encarga de realizar todos los cálculos y procesos informáticos para planificar y optimizar rutas de la mayor complejidad. Se basa en el uso de algoritmos y Aprendizaje Automático (Machine Learning) para satisfacer las necesidades comerciales de acuerdo con el paquete de datos ingresado por el usuario (Route4Me, 2019). Los resultados, así como el porcentaje de mejora se muestran en Tabla 14.

Tabla 14. Resumen de resultados del ruteo por medio de la optimización de la herramienta Route4Me.

Ruta	Sectores geográficos	Distancia (km)	Tiempo total de ruta (h)	% Mejora en el Tiempo
1	Grecia, Palmares, Poás de Alajuela, Tacaes de Alajuela	130,3	6,7	1,5%

2	Alajuela, La Garita de Alajuela, Desamparados Alajuela, Santa Ana, La Ribera	68,1	6,3	9,2%
---	---	------	-----	------

Tabla 15. Resumen de resultados del ruteo por medio de la optimización de la herramienta Route4Me (continuación).

Ruta	Sectores geográficos	Distancia (km)	Tiempo total de ruta (h)	% Mejora en el Tiempo
3	La Ribera, Ulloa, Mercedes, San Joaquín, Barva, San Rafael, San Pablo, Santo Domingo Heredia	38,6	7,0	9,1%
4	Pavas, Escazú, La Uruca, Tibás	50,0	6,2	0,0%
5	Guadalupe, Mercedes, Sabanilla, Patalillo, Pará	72,1	7,3	8,3%
6	San José, Hatillo, Alajuelita, La Carit	46,6	8,28	5,2%
7	Desamparados, Curridabat, Zapote	53,6	8,6	2,7%
8	Tres Ríos, San Diego, Cartago	95,0	8,2	8,8%

Como se observa en la Tabla 14, se logran optimizar las rutas hasta en 9,2% cambiando el orden de los puntos de recolección a visitar. El detalle de las rutas se observa en la Figura 4, Figura 5, Figura 6, Figura 7, Figura 8, Figura 9, Figura 10 y Figura 11.

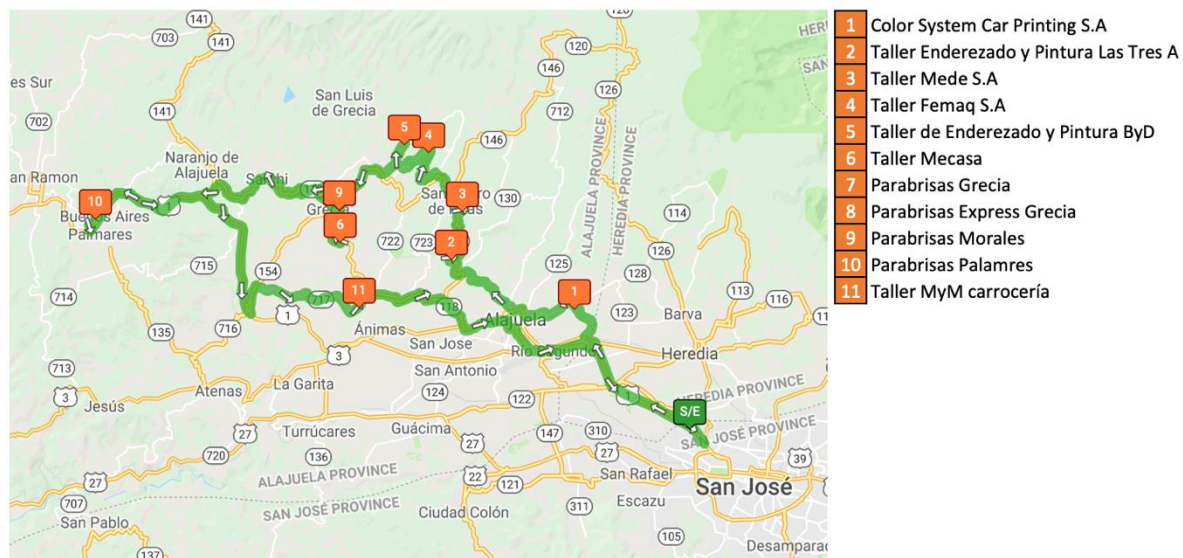
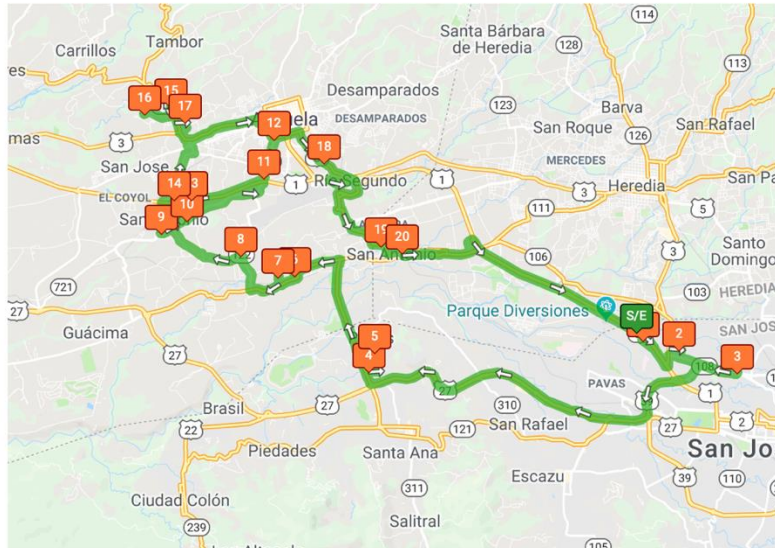


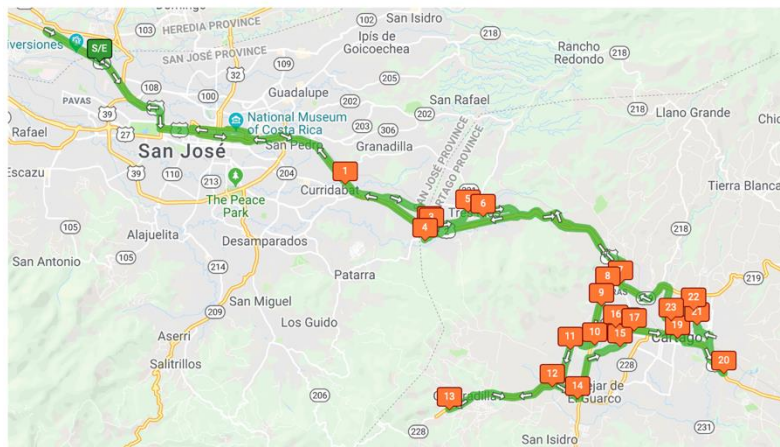
Figura 4. Secuencia de la ruta 1 para el servicio de recolección.





- 1 La Uruca
- 2 Tres Erres S.A (Sucursal Lindora)
- 3 Taller William Eloy González
- 4 Autostar Vehiculos
- 5 Taller Venegas
- 6 Industrias Gonzaca
- 7 Taller RC
- 8 Carrocería y Pintura Vargas
- 9 Taller Manuel Emilio Zumbado
- 10 Taller Piro
- 11 Enderezado y Pintura Oreamuno
- 12 Taller Automotriz Luva
- 13 Parabrisas y Autodecoración Joan Alajuela
- 14 Exlobus S.A
- 15 Carrocería y Pintura KPU
- 16 Taller Cuadra
- 17 Taller Hermanos carranza
- 18 Carrocería y Pintura Ledezma
- 19 Taller de Enderezado y Pintura Doble Jota
- 20 Taller Hermanos Villegas
- 21 Taller Manuel Emilio Zumbado

Figura 5. Secuencia de la ruta 2 para el servicio de recolección.



- 1 Tres Erres Taller del Este S.A
- 2 Carrocería y Pintura Meneses
- 3 Taller AS
- 4 Taller Chavarría S.A
- 5 Taller de Enderezado y Pintura Leonel Solís S.A
- 6 Inversiones Calderón S.A
- 7 Servicios Múltiples Automotrices Hermanos Gutiérrez S.A
- 8 Compañía de Transportes Alvarado Céspedes S.A
- 9 Carrocería y Pintura La Lima S.A
- 10 Vidrios Pereira PS, S.A
- 11 Taller de Enderezado y Pintura El Amigo S.A
- 12 Taller Constela
- 13 Taller Gómez e Hijos
- 14 Taller Serco S.A
- 15 Taller Alex Méndez
- 16 Taller Claudio Zúñiga
- 17 Partes Urgentes de Costa Rica S.A
- 18 Distribuidora de vidrios automotrices NyR
- 19 Auto Servicios Costa Rica Bond S.A
- 20 Taller Irazú
- 21 Taller Tames
- 22 Carrocería y Pintura Rapaut S.A
- 23 Taller WR de Cartago S.A

Figura 6. Secuencia de la ruta 3 para el servicio de recolección.

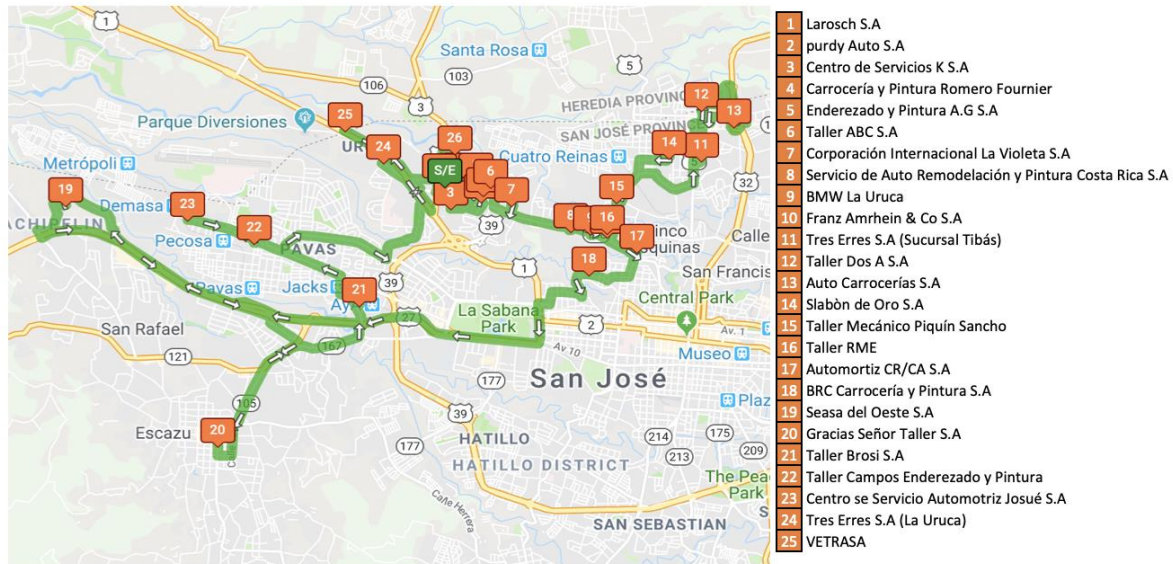


Figura 7. Secuencia de la ruta 4 para el servicio de recolección.

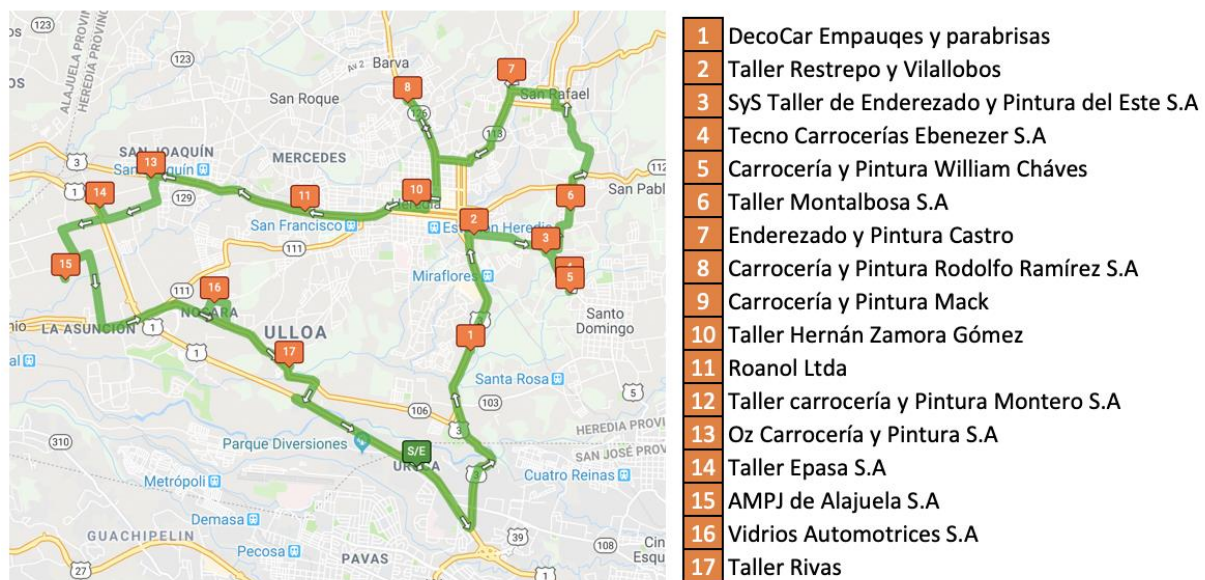


Figura 8. Secuencia de la ruta 5 para el servicio de recolección.



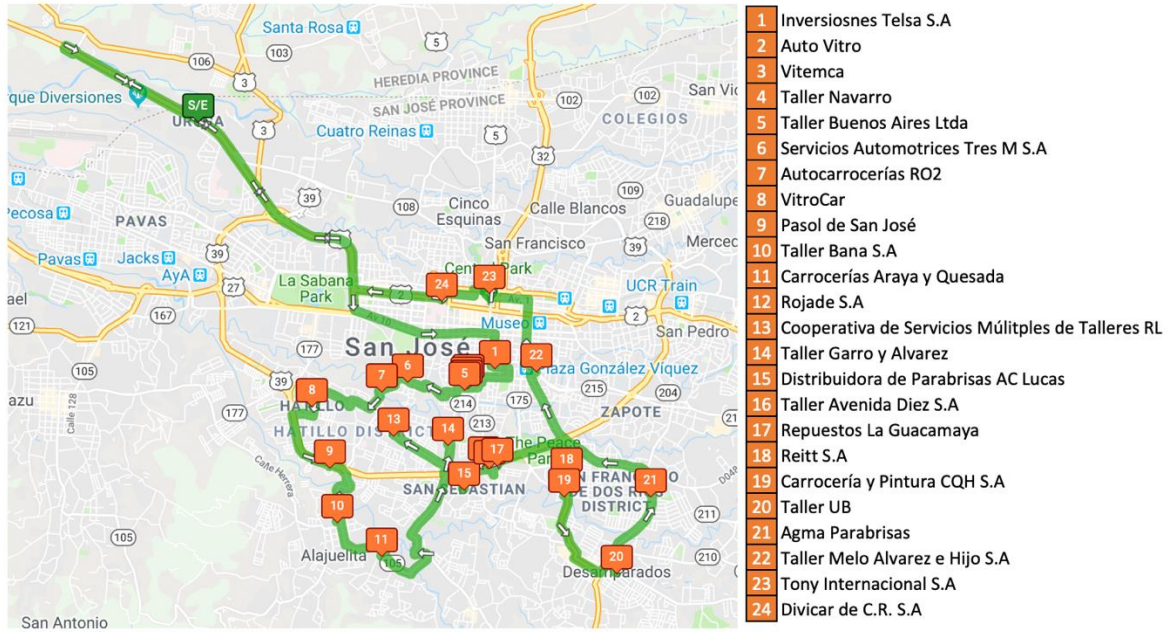


Figura 9. Secuencia de la ruta 6 para el servicio de recolección.

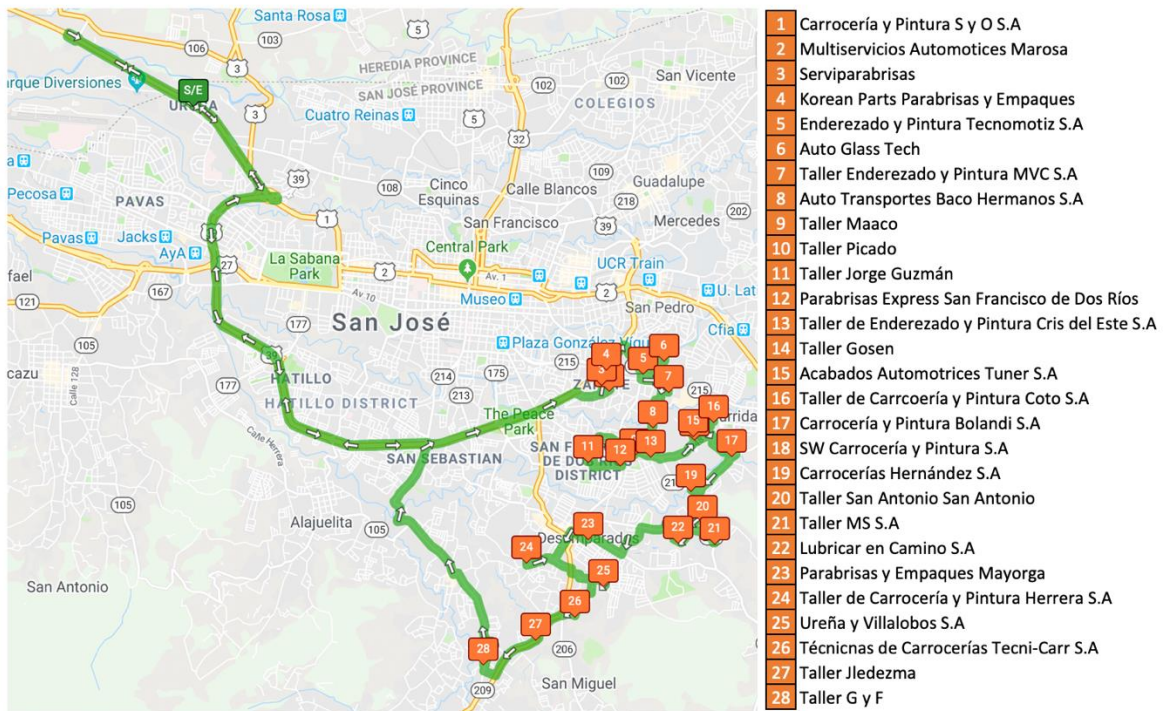


Figura 10. Secuencia de la ruta 7 para el servicio de recolección.

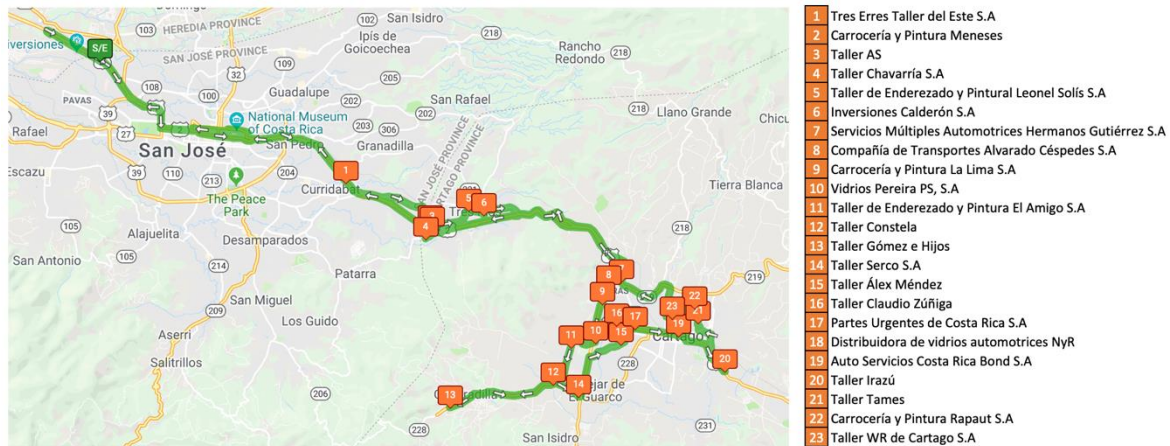


Figura 11. Secuencia de la ruta 8 para el servicio de recolección.

De esta manera se define el secuenciamiento de cada una de las rutas, visitando todos los clientes del servicio de recolección. Como se menciona anteriormente, está sujeta a cambios según las necesidades del servicio por parte de los Talleres de Enderezado y Pintura, razón por la cual se recomienda aplicaciones como Route4Me que permiten calcular rutas optimizadas de acuerdo con los puntos que deban visitarse cada uno de los meses.

### 3.3.1.1 Caracterización de flotilla requerida para el servicio de recolección

En esta sección se realiza la caracterización de la flotilla que es requerida para el servicio de recolección. En esta se identifica que, al realizar pruebas con el material a tratar, el mismo, dependiendo del impacto recibido, puede presentar desprendimientos de fragmentos de vidrio. Estos pueden ser un riesgo para automóviles y peatones que se encuentren en la vía, por lo que se considera que es necesario contar con vehículos con cabinas completamente cerradas.

Por otro lado, el material no cuenta con requerimientos de manejo específico que condicionen el tipo de cabina, de manera que se considera aceptable un camión de cabina normal, es decir, no refrigerado ni congelado.

Adicionalmente, para el proceso de recolección se conoce que el peso a tratar es de 39 toneladas por mes en un escenario normal, de manera que, puede considerarse vehículos de carga liviana o de carga pesada de acuerdo con el ruteo que se elabore y la frecuencia con la que se lleve a cabo la recolección.

Es por esta razón que se analiza camiones de tres, cuatro y cinco toneladas para cada una de las rutas, donde los criterios para tomar la decisión del tipo de camión recomendado son: la frecuencia con la que el camión debe hacer el recorrido para cubrir toda la demanda de las EIAs en cada una de las rutas y el porcentaje de espacio libre para recolectar el material proveniente de los Talleres de Enderezado y Pintura.

Para esto se simulan los tres escenarios según la capacidad de los camiones, considerando los requerimientos de cada ruta y la frecuencia con la que se deben hacer estas para cubrir esta demanda.



Cabe mencionar que se diseña para el máximo requerimiento por parte de las EIAs, es decir, para un escenario optimista del volumen de parabrisas recolectado.

La frecuencia se calcula de tal manera que se disponga alrededor de un 30% de la capacidad de carga del camión para la recolección de parabrisas de los Talleres de Enderezado y Pintura. Por lo tanto, los parabrisas de las EIAs requerirían cerca de un 70% de la capacidad de carga del camión. Los resultados se muestran en la Tabla 15.

Tabla 15. Análisis de la flotilla requerida según tonelaje requerido para cada una de las rutas.

Tipo de camión/Ruta	Frecuencia Mensual			Capacidad Requerida por EIAs/Capacidad del camión			Disponibilidad para Talleres de Enderezado y Pintura/ Capacidad del camión		
	3 ton	4 ton	5 ton	3 ton	4 ton	5 ton	3 ton	4 ton	5 ton
1	3	2	2	65%	73%	59%	35%	27%	41%
2	1	1	1	84%	63%	50%	16%	37%	50%
3	1	1	1	57%	43%	34%	43%	57%	66%
4	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5	2	1	1	61%	92%	73%	39%	8%	27%
6	3	2	2	79%	89%	71%	21%	11%	29%
7	6	4	4	87%	98%	78%	13%	2%	22%
8	2	2	2	98%	74%	59%	2%	26%	41%

Para el caso de la ruta uno, el camión de cuatro toneladas con una frecuencia de dos veces al mes, permite que se alcance el 73% de la capacidad disponible del camión, permitiendo así un 27% restante de la carga para la recolección de parabrisas de los talleres de enderezado y pintura. Por lo tanto, este es el camión óptimo de acuerdo a las condiciones propuestas. Esto se repite para los casos de las rutas dos y ocho.

En el caso de las rutas cinco, seis y siete, el camión más conveniente es el de cinco toneladas; no obstante, esto generaría que las otras cinco rutas restantes contaran con espacios de hasta 66% disponible para Talleres, provocando así una alta ineficiencia. Además, como se menciona anteriormente estas rutas se diseñan para un escenario optimista, por lo que, en el escenario probable, el camión de cuatro toneladas les permitiría obtener hasta un 15% de espacio disponible para Talleres.

Por lo tanto, la frecuencia para recolectar todos los parabrisas generados por los clientes se resume en la

Tabla 16.

Tabla 16. Frecuenciamensual del servicio de recolección para cada una de las rutas.

Ruta	Sectores geográficos	Distancia (km)	Frecuencia Mensual	Distancia Total (km)
1	Grecia, Palmares, Poás de Alajuela, Tacares de Alajuela	130,3	2	260,6
2	Alajuela, La Garita de Alajuela, Desamparados Alajuela, Santa Ana, La Ribera	68,1	1	68,1
3	La Ribera, Ulloa, Mercedes, San Joaquín, Barva, San Rafael, San Pablo, Santo Domingo de Heredia	38,6	1	38,6
4	Pavas, Escazú, La Uruca, Tibás	50,0	1	50,0
5	Guadalupe, Mercedes, Sabanilla, Patalillo, Pará	72,1	1	72,1
6	San José, Hatillo, Alajuelita, La Carit	46,6	2	93,2
7	Desamparados, Curridabat, Zapote	53,6	4	214,4
8	Tres Ríos, San Diego, Cartago	95,0	2	190
			<b>Total</b>	<b>987</b>

Respecto al espacio volumétrico, los camiones de cuatro toneladas tienen un espacio promedio de 22 y 23 m<sup>3</sup>. Por lo tanto, se analiza el espacio a ocupar por cada una de las rutas según su frecuencia y los parabrisas a recolectar. Los resultados se muestran en la Tabla 17, donde se observa que en ninguno de los casos, se supera el volumen disponible del camión.

Tabla 17. Volumen requerido por cada una de las rutas para cubrir la demanda de los clientes del servicio de recolección

Ruta	Volumen requerido para cubrir demanda (m <sup>3</sup> )
1	5,14
2	2,20
3	1,50
4	1,50
5	3,22
6	6,26
7	13,70
8	5,16

### 3.3.2 Ruteo para el servicio de entrega del producto terminado

En este apartado se realiza el ruteo para el servicio de entrega del producto terminado. De acuerdo con las necesidades que se mencionan en la Sección 2.3.2, donde se analizan los requerimientos de los compradores de producto final, la empresa SUR solicita que el material sea llevado semanalmente, por lo que estaría entregando alrededor de 690 kg por mes. Debido a que la empresa de tratamiento de los parabrisas se encuentra en la zona de La Uruca así como la planta de producción de Grupo SUR, solo se requieren 4,5 km y 13 minutos para realizar esta entrega. Ya que existen rutas en las cuales el tiempo de recolección es menor a las ocho horas disponibles, como por ejemplo ruta 1, 2 y 3 (Ver Tabla 13), esta entrega puede complementarse en estos días.

Por otro lado, Concretera Nacional, así como Productos de Concreto requieren que el vidrio granulado sea entregado en todas sus plantas, semanalmente. De acuerdo con la Sección 2.3.2.1, así como la capacidad de la empresa de cubrir los requerimientos, la entrega mensual para cada una de las plantas es de 8,06 toneladas en un escenario normal.

Concretera Nacional solicita que el material se vaya entregando una vez por semana por lo que entrega alrededor de dos toneladas a cada una de las plantas (Río Segundo, Pavas y Cinco Esquinas) semanalmente. En el caso de Productos de Concreto, se requieren que las entregas sean realizadas cada 15 días, por lo que se debe llevar aproximadamente cuatro toneladas en cada visita a cada una de sus plantas.

Debido a que en la Sección 2.3.1.1, se determina que el mejor camión que se ajusta a las necesidades del servicio de recolección es de cuatro toneladas y que el mayor porcentaje del tiempo del camión es utilizado para este fin, el uso para entrega de producto final se ajusta a estos requerimientos.

Adicionalmente, se considera la ubicación de cada una de las plantas para definir las rutas de entrega del producto final. Se determina que se entrega a las plantas de Concretera Nacional en Pavas y Cinco Esquinas en una misma ruta, con una frecuencia semanal y carga total de aproximadamente tres toneladas. Esta tarda un tiempo aproximado de 32 minutos en recorrer los 19,83 km que conforman la ruta. Es importante considerar que a este tiempo debe sumársele el tiempo en la carga y descarga del producto.

La entrega a la planta de Río Segundo se realiza por aparte debido a la capacidad del vehículo de transporte. Esta puede realizarse el mismo día que se hacen las entregas a la Concretera Nacional, no obstante, debe visitar nuevamente la planta de producción para volver a cargar el camión. Para esto se tarda un tiempo aproximado de 30 minutos en recorrer los 25 km que conforman la ruta.

En el caso de Productos de Concreto, deben realizarse cada 15 días y cada una de estas requiere que se trasladen alrededor de cuatro toneladas. Estas se realizan en una ruta aparte, de igual manera, en el mismo día que se entrega a la Concretera Nacional. En este caso debe recorrerse alrededor de 28,74 km en un tiempo aproximado de 40 minutos.

El resumen de método de entrega a realizar se puede visualizar en la Tabla 18, donde se cumplen con todas las necesidades mencionadas anteriormente.

### 3.3.3 Calendarización del servicio de recolección y entrega del producto final

Con el objetivo de confirmar la capacidad de entrega de producto final, de acuerdo con el servicio de recolección y la capacidad de transformación de la planta, se realiza una calendarización mensual que simula el comportamiento de la planta de operación.

De acuerdo a los requerimientos de los clientes de producto final, las entregas deben realizarse a inicios de semana, por lo tanto, en semana uno, el lunes se realiza la entrega a Productos de Concreto, Concretera Nacional y Grupo Sur el material transformado el mes anterior. Durante los días miércoles, jueves y viernes de esta primera semana, se recorren las rutas uno, cinco y siete con el objetivo de que al terminal la semana se hay podido procesar 10,55 toneladas de parabrisas. Estas serán entregadas el primer día de la semana dos a la Concretera Nacional y Grupo Sur, esto debido a que Productos de Concreto solo requiere hacer entregas cada 15 días. Los siguientes cuatro días se recorren las rutas cuatro, seis, siete y ocho para recolectar un aproximado de otras 10,4 toneladas. Posteriormente en semana tres, se entregan a los tres clientes de producto final el material transformado la semana anterior y se recorren las rutas uno, dos y siete para obtener alrededor de 9,34 toneladas. Estas son entregadas en semana cuatro y se termina de recolectar ruta tres, seis, ocho y siete para ser transformadas para el siguiente mes. Esto se observa en la Tabla 18. Simulación mensual del comportamiento del servicio de entrega de producto final y recolección de parabrisas.

Tabla 18. Simulación mensual del comportamiento del servicio de entrega de producto final y recolección de parabrisas.

	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
<b>Semana 1</b>	Entrega de producto terminado a: - Productos de Concreto - Concretera Nacional - Grupo Sur		Servicio de Recolección <b>Ruta 1</b>	Servicio de Recolección <b>Ruta 5</b>	Servicio de Recolección <b>Ruta 7</b>
<b>Semana 2</b>	Entrega de producto terminado a: - Concretera Nacional - Grupo Sur	Servicio de Recolección <b>Ruta 4</b>	Servicio de Recolección <b>Ruta 6</b>	Servicio de Recolección <b>Ruta 8</b>	Servicio de Recolección <b>Ruta 7</b>
<b>Semana 3</b>	Entrega de producto terminado a: - Productos de Concreto - Concretera Nacional - Grupo Sur		Servicio de Recolección <b>Ruta 1</b>	Servicio de Recolección <b>Ruta 2</b>	Servicio de Recolección <b>Ruta 7</b>

<b>Semana 4</b>	Entrega de producto terminado a:	Servicio de Recolección	Servicio de Recolección	Servicio de Recolección	Servicio de Recolección
	- Concretera Nacional - Grupo Sur	<b>Ruta 3</b>	<b>Ruta 6</b>	<b>Ruta 8</b>	<b>Ruta 7</b>

Es importante mencionar, que para esto se toma en cuenta la frecuencia con que deben realizarse cada uno de estas rutas, así como el tiempo en que se tarda realizarlas.

### 3.3.4 Análisis de posibles proveedores de vehículos

En Costa Rica, existen varias opciones de vehículos de carga de distintas marcas, como lo son Kia, Toyota, Jac, Isuzu, Hyundai y Chevrolet. Cada una de éstas cuenta con varios modelos, los cuales cuentan con capacidad desde dos toneladas hasta siete toneladas y cuyos precios rondan entre los 20 000 y 60 000 dólares.

Un aspecto de gran importancia al considerar la opción de compra de vehículo es el rendimiento por combustible ya que, aunque la mayoría de los modelos de este tipo cuentan con una capacidad de almacenamiento de combustible de 100 litros, algunos por su estructura y sistema de combustión interna tienden a gastar más combustible por kilómetro recorrido.

Las opciones ofrecidas por el mercado que cumplen con los requisitos de capacidad de carga y tamaño requerido se resumen en la Tabla 19.

Tabla 19. Modelos de camiones tipo furgón de cuatro toneladas en el mercado.

Marca	Modelo	Precio
Hyundai	HD 65 Narrow Cab	\$38 275
Toyota	HC40	\$41 400
Isuzu	NPR75L-KL5VAYPEN	\$40 500
JAC	1070Kn	\$27 500
Chevrolet	NPE 75H	\$39 990

### 3.3.5 Opciones para tercerizar servicio de transporte

Existen varias empresas que proveen servicios de transporte y fletes en el país como: Transportes Y Mudanzas Campos Solís, Transportes Abisai, Efrata Logistics, Transportes Molina y Transportes ROGHER. A las anteriores se les realiza una entrevista para conocer acerca de los servicios que ofrecen, las zonas del país que abarcan y los precios que manejan. De esta manera se logra identificar que la capacidad de carga se encuentra entre dos, cinco y siete toneladas lo cual representa entre 12 y 30 metros cúbicos. Los precios son proporcionales de acuerdo con la distancia, la cantidad de ayudantes requeridos, el tamaño del camión y demás factores.

Se realiza una entrevista a las empresas mencionadas anteriormente y se les presenta las rutas, así como los requerimientos de acuerdo a la naturaleza del negocio.

Por tratarse de recolección de vidrio, Efrata Logistics y Transportes Molinas son descartados ya que no aceptan el transporte de este material porque sus camiones son utilizados ya para mercados donde residuo de vidrio les podría ocasionar algún daño.

En los casos de Transportes y Mudanzas Solís, Transportes Molina y Transportes Rogher, son negocios más pequeños donde los dueños cuentan con uno a tres camiones. La incertidumbre de tratar cliente con rutas variables y un material transportado peligroso que puede causar daño físico a su camión, ocasiona que rechacen la oferta de negocio.

### 3.3.6 Selección del proceso de recolección

A pesar de que no se cuenta con una opción para tercerizar el servicio, el análisis de los posibles proveedores presenta opciones favorecedoras para el negocio donde las cuotas mensuales para la compra de un vehículo nuevo son accesibles.

Además, la compra de un vehículo le da flexibilidad al ruteo para ajustar estas según los clientes que requieran el servicio de recolección, realizando todos los cambios a las rutas que se requieran.

Como se observa en la

Tabla 16, solo el proceso de recolección requiere del uso de camión 14 días de mes, a esto se le debe agregar los días que se debe dar el servicio de entrega del producto final. Por lo tanto, en un mes, el camión no se requeriría dos de los días disponibles, como se observa en la Tabla 18.

Como se menciona en la Sección 3.3.2, la entrega del PVB puede complementar rutas del servicio de recolección que pueden recorrerse en menos de las ocho horas por lo que complementan el tiempo disponible de un día. No obstante, la entrega de vidrio requiere del uso del camión alrededor de cinco veces al mes. Por lo tanto, el tiempo total del uso del camión mensualmente es de 19 días.

De esta manera se identifica que se requiere alquilar un camión la mayor parte del mes por lo que se prefiere invertir en un activo que con tiempo llegue a pertenecer a la empresa.

### 3.3.7 Costos asociados al proceso de recolección y entrega de producto final

El total de kilómetros a recorrer mensuales considera 987 km del proceso de recolección (Ver

Tabla 16) más 236,8 km del servicio de entrega del producto final, para un total de 1 224 km mensuales.

De acuerdo con las fichas técnicas de los modelos indicados en la Tabla 19, el consumo promedio de un camión de cuatro toneladas es de 0,18 L/km, resultando que el consumo del camión sea de aproximadamente 220,32 litros de diésel mensuales. El precio del diésel ronda en los \$525 obteniendo un costo total que ronda los \$115 668 mensuales (Recope, 2019).

Por otro lado, de acuerdo con las cotizaciones recibidas el camión que cuenta con múltiples beneficios relacionados al modo de pago es el de la marca JAC, el cual tiene un costo de \$27 500 con una prima de \$5 500 y cuotas de \$442.

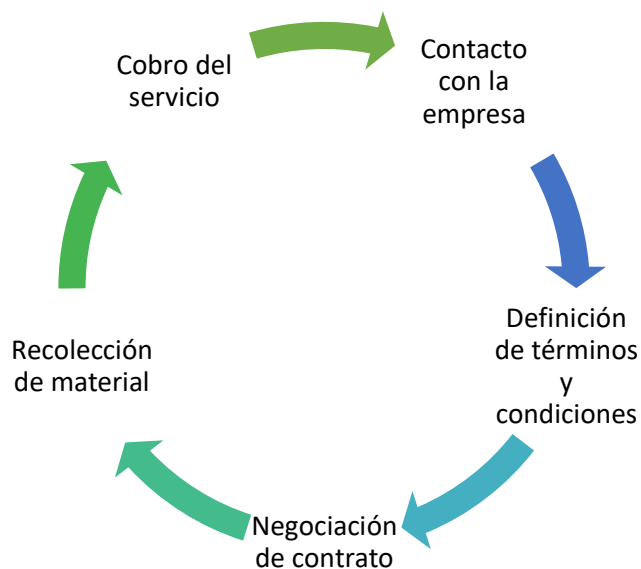
### 3.3.8 Ciclo de servicio

Una vez que se definen todos los aspectos del proceso de recolección, se plantea el ciclo del servicio a brindar. Éste consiste en la unión continua de los momentos por los que debe pasar un cliente cuando experimenta el servicio provisto. La construcción del ciclo de servicio es de gran importancia debido a que el cliente piensa en términos de experiencias, satisfacción y prontitud (Zambrano, 2011).

Por consiguiente, se construye el ciclo de servicio en el cual se contemplan todos los momentos de la verdad en los que el cliente interactúa con la empresa. La representación del mismo se encuentra en la Figura 12.

Inicialmente, existe un primer acercamiento en el cual se contacta a los clientes directamente para darles información acerca del servicio brindado y conocer sus opiniones. Este primer contacto también puede darse por una recomendación de boca en boca, es decir, que alguien más que conozca de la empresa le comente a un potencial cliente acerca del servicio.

Seguidamente, al estar el cliente familiarizado con el servicio ofrecido, se procede a realizar la negociación de términos y condiciones. En la misma, se definen aspectos con respecto a la frecuencia de recolección, rango de cantidad de parabrisas y precios. Una vez que se conocen a cabalidad todos los detalles, se



procede a la firma del contrato de servicios en el cual se evidencian todos los acuerdos establecidos. Luego se desarrolla la recolección del material en la cual el cliente debe realizar la recepción del camión, entregar todo el material al chofer y firmar el registro de entrega con el fin de acreditar el cumplimiento de las especificaciones definidas. Por último, se encuentra el pago de servicio en el que se le cobra al cliente la tarifa mensual acordada en el contrato.

*Figura 12. Ciclo del servicio de recolección.*

## 3.4 Establecimiento del proceso productivo

### 3.4.1 Procesos de transformación existentes

En la siguiente sección se encuentra la descripción de los procesos de transformación del vidrio laminado que existen en la actualidad.

#### *3.4.1.1 Proyecto del Centro Tecnológico Lurederra junto con la Comisión Europea (España)*

Desde el 2009, el Centro Tecnológico Lurederra ha llevado a cabo una investigación acerca del tema del reciclado del material plástico (PVB) contenido en el vidrio laminado. Esto debido a que, según datos de la Comisión Europea, se estima que actualmente entre 7 y 8 millones de vehículos son desechados cada año en Europa de los cuales el 3% es constituido por vidrio laminado (Centro Tecnológico Lurederra, 2016).

De esta manera, luego de un vasto estudio, han logrado desarrollar una tecnología actualmente protegida por la patente WO/2009/118426 en Estados Unidos, Japón y la Unión Europea que resuelve el inconveniente de gestión del residuo de este material, el cual actualmente consiste en ser trasladado a vertedero. Esto por medio de un proceso innovador basado en la purificación de PVB (Centro Tecnológico Lurederra, 2016).

El proyecto inicia con una prueba a escala en un laboratorio y luego continúa con el desarrollo de una planta piloto en Navarra, España. En la misma se cuenta con una capacidad de tratamiento de 20 kg/h con el fin de lograr obtener una capacidad verdadera de reciclaje de 350 toneladas de PVB por año.

Para su funcionamiento la planta cuenta con tres módulos independientes. El primero consiste en una fase de trituración de parabrisas, en la cual se eliminan los elementos que contaminan el proceso, como lo son las gomas periféricas y la banda coloreada. Adicionalmente, se realiza la separación en dos secciones que son vidrio y PVB con polvo de vidrio adherido, las cuales se almacenan. El segundo módulo es el de mayor importancia ya que está basado en la tecnología desarrollada por el Centro Tecnológico Lurederra. En ésta, se realiza una serie de reacciones químicas por medio de las cuales se busca obtener un material libre de impurezas de vidrio en forma de escamas para luego llevar a cabo un proceso de lavado y secado. Por último, se le da un acondicionamiento a las escamas de PVB purificado, transformándolas en granza de PVB reciclado (Centro Tecnológico Lurederra, 2016).

Todos los módulos requieren de maquinaria pesada, entre la cual se encuentran molinos trituradores, lavadoras, reactores y extrusoras. Las anteriores se colocan de manera lineal para asegurar, por medio de



bandas transportadoras, la recuperación de todo el material tratado. Adicionalmente, las mismas presentan consumos altos de energía, de manera que la planta cuenta con sistemas de alimentación de alta potencia (Centro Tecnológico Lurederra, 2016).

#### *3.4.1.2 Shark Solutions (Estados Unidos y Europa)*

Shark Solutions es una empresa basada en la idea de salvar el vidrio laminado de su destino en el vertedero. Fue fundada desde el 2005 y, luego de un largo proceso de investigación y desarrollo, logró plantear su tecnología de separación de vidrio laminado la cual se encuentra en proceso de solicitud de patente como el sistema de separación Shark Glass. Este sistema es comercializado para el reciclaje de vidrio plano de manera que se obtiene vidrio granulado y fracciones de PVB las cuales se reprocessan para ser transformadas en materia prima aceptable para muchas industrias. Por consiguiente, la empresa se acerca a lograr la meta de cero desechos (Shark Solutions, 2017).

Cabe destacar que Shark Solutions no fabrica productos terminados para consumo, sin embargo, ayuda a que éstos sean más amigables con el ambiente gracias a la obtención de materia prima a partir de materiales utilizados. Por ello, ha sido reconocida como líder en el tema de manera tal que grandes compañías industriales han optado por trabajar con la misma. Entre ellas se destaca Safelite AutoGlass, el mayor proveedor de reemplazos de parabrisas en Estados Unidos que, gracias a la alianza entre ambas empresas, ha evitado que cuatro millones de parabrisas terminen en los vertederos desde 2012 (Shark Solutions, 2017).

En términos de capacidad, el sistema puede procesar más de 9 ton/h de vidrio laminado para su separación, de la cual el vidrio obtenido tiene un tamaño de entre cero y diez milímetros y el PVB adquirido se encuentra libre de partículas de vidrio. Además, por ser un sistema comercializado en varias compañías, está diseñado para que sea de fácil instalación e implementación (Shark Solutions, 2017).

#### *3.4.1.3 Universidad de Sao Paulo (Brasil)*

A nivel latinoamericano, el proyecto más conocido es el desarrollado por la ingeniera química Isabella Marini Vargas de la Escuela Politécnica de la Universidad de Sao Paulo. El mismo consiste en un sistema que convierte el vidrio laminado en barniz y en aislante para revestimiento y protección de pisos de madera (Mar, 2012).

La técnica desarrollada requiere la separación de las láminas de vidrio y el PVB, sin embargo, en este caso, el vidrio es utilizado para barniz y el PVB para aislante exclusivamente, por lo que su tratamiento no es tan exhaustivo como en los casos anteriores, sino que se tritura y se diluye en alcohol. De esta manera se obtiene el PVB apto para mezclarse con los demás materiales requeridos para la elaboración del aislante. Por otro lado, el vidrio se lleva a un nivel de granulado para sustituir al óxido de aluminio en la producción de barniz para pisos de madera junto con una variedad de resinas y solventes (Mar, 2012).

El resultado es una buena resistencia al uso, buena transparencia y buena estabilidad, ya que el producto no tiene riesgo de endurecimiento o daño mientras se mantenga en recipientes antes de ser usado. También, el aislante ayuda al barniz a adherirse a la madera y le brinda la flexibilidad necesaria para

aguantar las modificaciones del material, y el barniz se convierte en una capa que, además de darle brillo, protege el piso del desgaste provocado por el tránsito de personas y muebles (Mar, 2012).

Por su carácter académico, el proyecto no contempla una escalabilidad que establezca una capacidad definida del sistema sino una propuesta para su funcionamiento de manera que se desconoce la cantidad que se puede procesar por medio del sistema (Mar, 2012).

#### 3.4.2 Capacidad requerida del proceso productivo

De acuerdo con el análisis de demanda efectuado en el diagnóstico, se considera como requisito que la capacidad del proceso de transformación alcance las tres toneladas de PVB por mes. Adicionalmente, por los requerimientos mencionados por los clientes potenciales, se requiere que el PVB obtenido cumpla con estándares de calidad específicos, de manera que el mismo debe pasar por un proceso de purificación que le permita alcanzar los niveles solicitados.

Por lo anterior, se decide utilizar como proyecto base el desarrollado por el Centro Tecnológico Lurederra. Esto debido a que, de acuerdo con su descripción, el mismo permite obtener productos capaces de ser utilizados como materia prima en otros procesos industriales. La capacidad de tratamiento del proyecto es de 350 toneladas de PVB por año. Por consiguiente, el proceso, principalmente los segmentos de purificación y extrusión, debe ser adaptado para que el equipo utilizado cuente con las dimensiones y especificaciones requeridas de forma que su capacidad sea reducida con el fin de minimizar los costos asociados al tratamiento del producto. De esta manera, se cumple con las necesidades identificadas en la fase de diagnóstico.

Cabe destacar que, para alcanzar los requerimientos de los compradores del vidrio molido, se debe alcanzar una granulometría específica. De esta manera resulta indispensable añadir un tratamiento al vidrio obtenido que lo pulverice al nivel requerido.

#### 3.4.3 Proceso de adaptabilidad a condiciones nacionales

De acuerdo con la demanda identificada y la estructura original, se realiza la adaptación según los procesos establecidos en el proyecto base, para los cuales la nomenclatura se mantiene como módulo con el fin de relacionarlos con el sistema desarrollado por el Centro Tecnológico de Lurederra. Adicionalmente, se agrega uno relacionado al tratamiento del vidrio obtenido. Una vez definidos, se determinan los equipos requeridos en cada módulo y se procede a investigar las alternativas disponibles en el mercado con el fin de identificar la opción que cuente con las especificaciones que mejor se ajusten a las necesidades del proyecto. De esta manera, se elabora el diagrama de la Figura 13 con el fin de relacionar cada equipo con su respectiva sección.

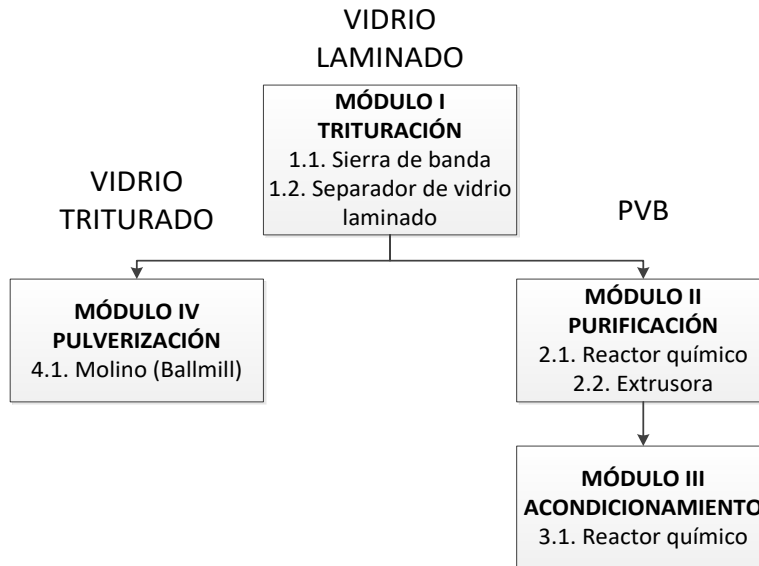


Figura 13. Diagrama de identificación de equipo por módulos.

En el módulo I inicialmente se tiene una sierra de banda, que se requiere para casos en los cuales el vidrio laminado recibido supere las dimensiones máximas para ingresarlo en el proceso, de manera que con la misma se divida el mismo en segmentos que el sistema sea capaz de procesar. Una vez que se cuenta con el material listo para ser insertado en el proceso, se procede a utilizar el sistema de separación de vidrio laminado desarrollado por la empresa Andela, seleccionada por su capacidad especializada para triturar el vidrio a un nivel con el que se logra que el mismo se separe del PVB.

Para el módulo II, se considera un reactor químico capaz de purificar polímeros. Para ello, el mismo debe calentar la composición polimérica junto con un disolvente, a una temperatura de 50-70 °C y luego mantenerlo a una determinada presión para separar y recoger los componentes volátiles de ésta. Además, se incluye una extrusora de ventilación que se ajusta a una temperatura y presión predeterminada, para reducir el contenido de los componentes volátiles restantes en la composición hasta un 1% en peso o menos (Japón Patente nº US6168719B1, 1998). Finalmente, el PVB purificado se reinserta al reactor químico para ser acondicionado en conjunto con el solvente a utilizar de manera que alcance las especificaciones requeridas por los clientes.

Por último, se cuenta con el módulo IV, el cual no se contempla en el proyecto base, sin embargo, para efectos de los compradores del vidrio molido es necesario incluirlo debido a que se debe tratar el mismo para que alcance el nivel de granulometría solicitado por los mismos. Para ello se considera un molino con el fin de convertir el material en polvo fino (Montoya D. , 2011).

#### 3.4.4 Flujo del valor del producto

El flujo del valor del producto hace referencia a la secuencia de actividades que se les realizan a los parabrisas desde su recolección, hasta la entrega a los clientes finales. Como se menciona anteriormente, el proceso de transformación seleccionado como base es el del Centro Tecnológico de Lurederra, de

manera que, de acuerdo con el estudio de la patente y los informes del mismo se desarrolla el diagrama de flujo mostrado en el Figura 14.

En el mismo se puede observar los tres módulos principales del proceso los cuales consisten en la trituración del parabrisas, la purificación del PVB y la pulverización del vidrio molido. La trituración se realiza con el fin de separar el vidrio del PVB por completo. Del mismo se obtiene el vidrio molido listo para empacar y el PVB que, aunque se separa de los fragmentos de vidrio, contiene impurezas. Cabe destacar que el módulo de trituración requiere de intervención humana ya que se debe verificar que no haya partes de vidrio adheridos al PVB obtenido.

Seguidamente se cuenta con la purificación del PVB obtenido para la cual se debe acumular una cantidad de material, de manera tal que se pueda colocar en los reactores químicos. En los mismos, se busca extraer todo tipo de impurezas adheridas al PVB. Por último, se tiene la extrusión y el acondicionamiento del PVB con el cual se busca alcanzar las especificaciones físicas solicitadas por los compradores del PVB. De esta manera, se obtiene un producto listo para empacar y entregar a los clientes.

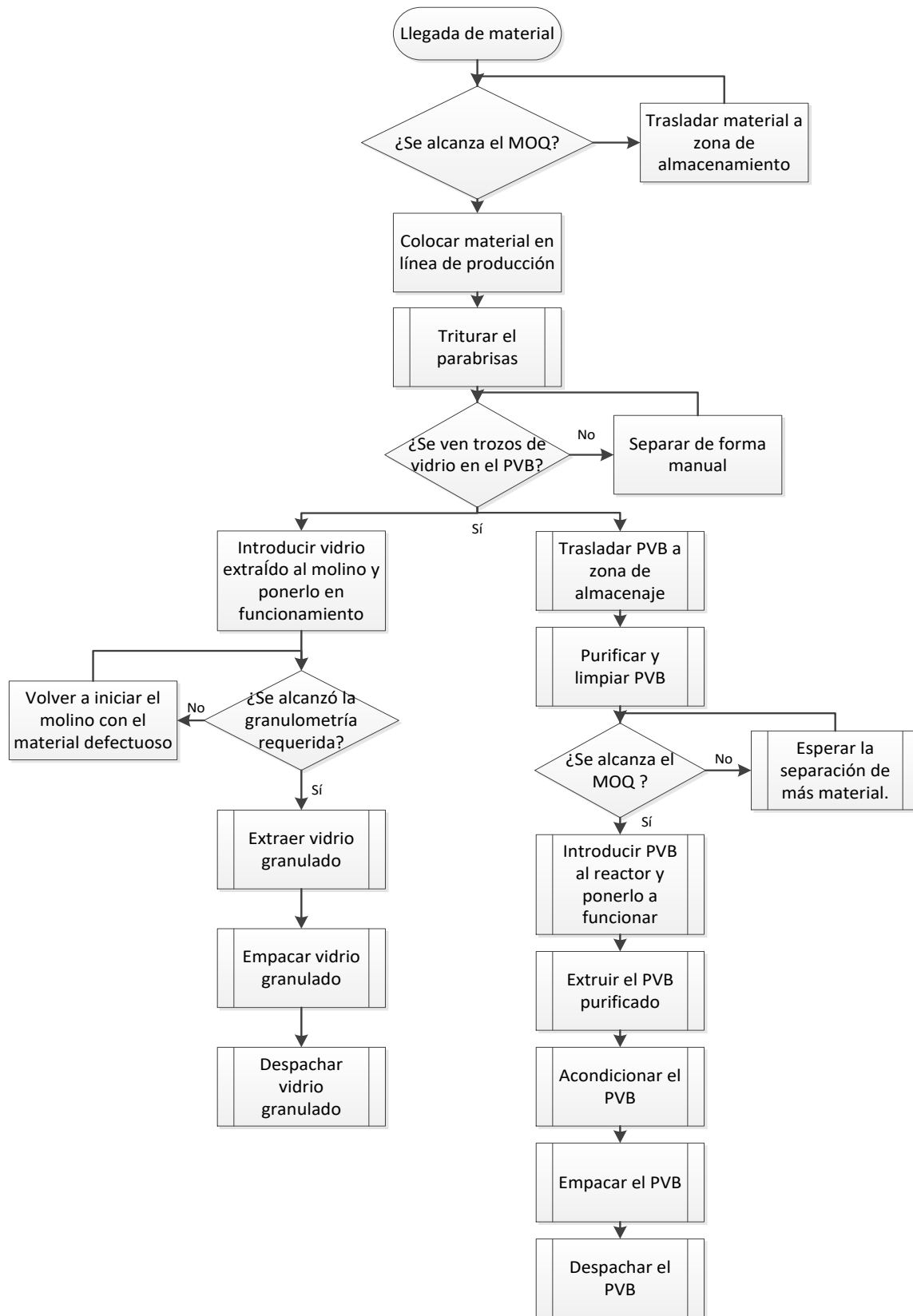


Figura 14. Diagrama de flujo del proceso de transformación.

### 3.4.5 Mapa de interacción de procesos

Con el fin de comprender y representar correctamente el funcionamiento de la empresa, es necesario identificar los procesos y buscar la relación que existe entre ellos. Para ello, se utiliza el mapeo de procesos convencional el cual consiste en una representación gráfica de los procesos a nivel global (Gehisy, 2017). Para el desarrollo del mismo, se utiliza la clasificación clásica de procesos en la cual se consideran tres categorías principales: estratégicos, claves y de apoyo.

En lo que respecta a procesos estratégicos, se considera inicialmente la planeación estratégica ya que consiste en la definición de la línea de trabajo de la empresa incluyendo sus políticas, objetivos y tácticas. Por otro lado, también se considera mejora continua, innovación y desarrollo de la gestión de calidad, dentro de esta categoría debido a que se busca mantener una orientación a la optimización. Por último, con el fin de lograr una administración efectiva de los recursos, se contempla la gestión financiera.

Para los procesos clave, se consideran los dos pilares de la organización, los cuales son la recolección y el tratamiento de los parabras. Con respecto al último, se divide en los módulos del sistema mencionados previamente: trituración, purificación y acondicionamiento.

Por último, para los procesos de apoyo, se encuentra la contabilidad y recursos humanos con el fin de asegurar un buen manejo de recursos y cumplir las regulaciones existentes. Seguidamente se consideran los procesos que interactúan directamente con la producción los cuales son mantenimiento, gestión de almacenamiento, supervisión de calidad y compras. Por último, se incluyen procesos auxiliares como lo son las tecnologías de información y mercadeo.

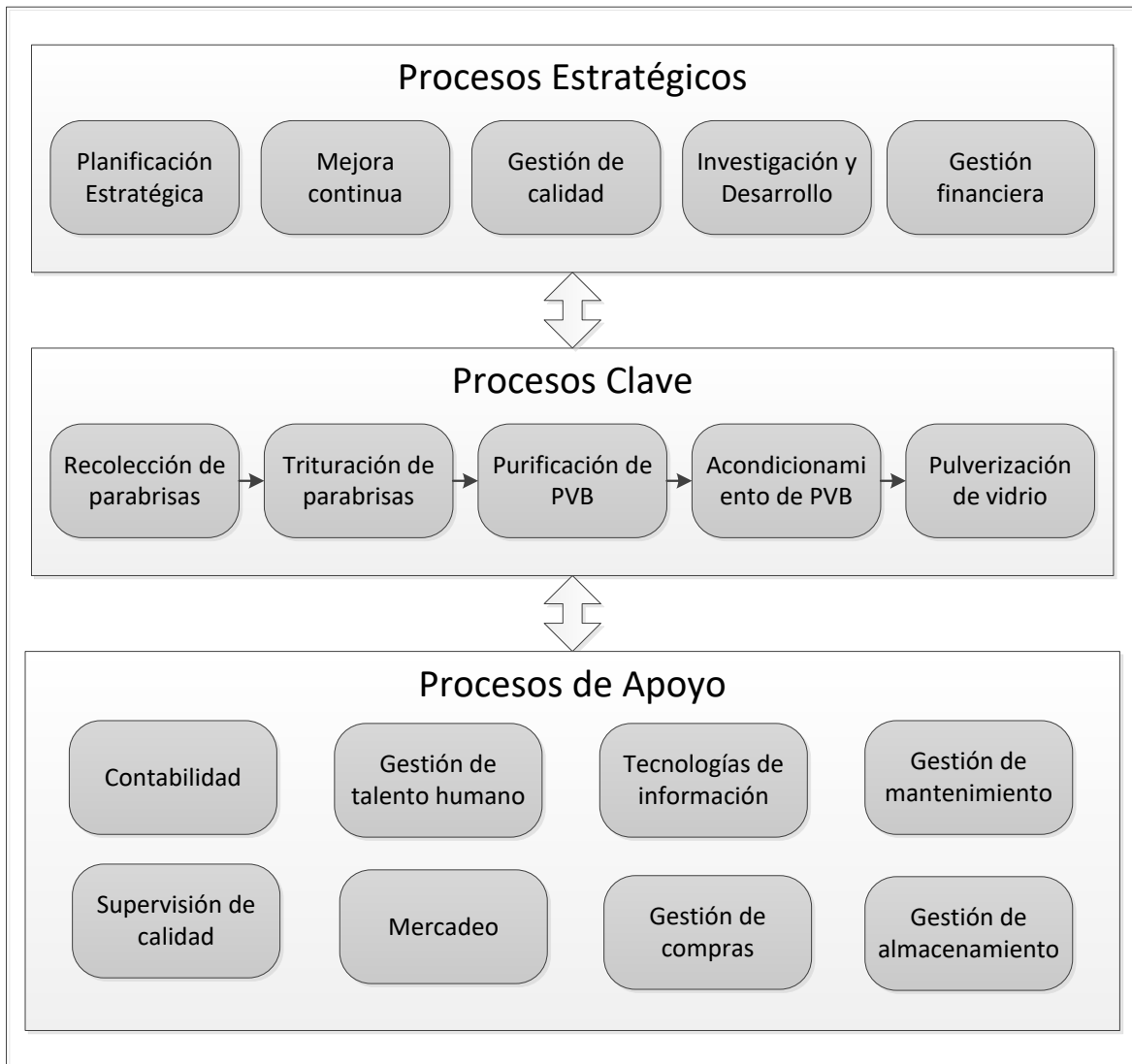


Figura 15. Mapa de interacción de procesos.

### 3.4.6 Riesgos y oportunidades

En el mercado actual, es indispensable colocar productos y servicios que se encuentren libres de defectos por el aumento en el nivel de exigencia con el que cuentan los clientes. Esto debido a que la automatización y los sistemas de gestión han provocado una considerable reducción en los fallos en los procesos. Con el fin de detectar y prevenir los errores en el sistema, se realiza un análisis de modos y efectos de fallas potenciales (Hidalgo, 2005) el cual se encuentra en Apéndice 6.

### 3.5 Equipo requerido y especificaciones

Como se menciona en la Sección 3.4.1, para los cuatro módulos considerados en el proceso productivo, se requiere una serie de equipos que cuenten con características específicas. En lo que respecta al módulo I, para la sierra de banda se identifica como requerimiento principal que sea capaz de procesar polímeros.

Adicionalmente, que el tamaño máximo de corte coincida con las dimensiones del vidrio de mayor tamaño a procesar, el cual sería el de los ventanales de seguridad de edificio, es decir dos metros (Ventanas y Puertas de Aluminio, 2014). Por lo anterior, se selecciona la sierra de banda descrita en la Tabla 20.

Tabla 20. Especificaciones técnicas de la sierra de banda seleccionada.

Marca	Bomar
Modelo	320.250DGH
Tipo de máquina	Sierra de banda horizontal semi-automática
Tipo de operación	Semi-automática, Acción pivoteada, corte recto y mitre.
Tamaño de corte máximo (mm)	320
Tipo de material	Secciones
Materiales	Férreo, no férreo y polímeros
Tamaño de cuchilla (mm)	2910 x 27 x 0.9
Velocidad de cuchilla	40 & 80 m/min
Dimensiones (mm)	1570 x 1260 x 1290
Fuente de poder	400V, 3 fases

(Fuente: Bomar-Germany, 2019)

Para la separación del vidrio y el PVB, se selecciona el equipo Andela debido a que éste consiste en el único especializado en el tratamiento de parabrisas. El mismo ya cuenta con el procesador de material y la estructura requerida para su respectivo montaje. Sus características se muestran en la Tabla 21.

Tabla 21. Especificaciones técnicas del separador de material seleccionado.

Marca	Andela
Modelo	AWS-2
Tipo de máquina	Separador de parabrisas automático
Capacidad por hora	20 hp
Martillos	28 martillos con brazo agitador de acero endurecido
Voltaje	230/460 VACC, 60 HZ, 3 fases

(Fuente: Andela 2019)

En el módulo II, inicialmente el equipo requerido consiste en un reactor químico. Para el mismo se considera como mejor opción el reactor químico por lotes, ya que el mismo funciona para varias operaciones de procesamiento incluyendo la disolución de sólidos. Ésta es necesaria debido a que, para separar el PVB de las impurezas que contiene, se requiere la ruptura de los enlaces de la red cristalina y la consiguiente disgregación de sus componentes en el seno del líquido por medio de la interacción de las moléculas del disolvente con las del soluto (Lemes, 2007). Por cuestiones de tamaño, límites de presión y temperatura y la capacidad de procesar fases homogéneas y heterogéneas, el reactor a utilizar es el Druvatherm de la marca Lödige, descrito en la Tabla 22.



Tabla 22. Especificaciones técnicas del reactor químico seleccionado.

Marca	Lödige
Modelo	Druvatherm
Tipo de máquina	Reactor químico por lotes
Tipo de operación	Movimiento tridimensional a alta velocidad
Capacidad de procesamiento	300 L
Máxima presión	40 bar
Máxima temperatura	650 °C

(Fuente: Lödige Process Technology, 2019)

Cabe destacar que el reactor anterior es utilizado también en el módulo III con el fin de unificar el PVB al solvente de manera que se obtenga una resina de consistencia homogénea. Por otro lado, para la extrusora se consideran como características primordiales la capacidad de regular la presión y la temperatura, protección y aislamiento del contenedor y el material del tornillo. De acuerdo con lo anterior, se selecciona el TM 30-25 de la marca Bausano cuya descripción se encuentra en la Tabla 23.

Tabla 23. Especificaciones técnicas de la extrusora seleccionada.

Marca	Bausano
Modelo	TM 30-25
Tipo de máquina	Extrusora Monotornillo
Tipo de operación	Automática
Relación de tornillo (L/D)	25
Velocidad de tornillo (RPM)	80-120
Motor (kW)	5,5

(Fuente: Bausano Extrusion Allies, 2019)

Por último, en el módulo IV se considera un molino de bolas, el cual es en un tanque cuyo interior está revestido de acero. Su funcionamiento consiste en enviar los materiales al primer depósito donde se realiza la primera molienda mediante los golpes de las bolas, para luego entrar en el segundo depósito donde son convertidos en un producto más fino. Cabe destacar que éste equipo es seleccionado por su ahorro de energía debido a que no dependen de fricción (Montoya D. , 2011).

### 3.5.1 Costo del equipo requerido

Una vez identificada la maquinaria requerida, se procede a realizar las cotizaciones con los proveedores. Cabe resaltar que debido a que son proveedores fuera del país, la comunicación se realiza vía electrónica, razón por la cual dificulta conseguir la información requerida. Debido a esto, se consulta la página web de Alibaba, donde se busca maquinaria con los mismos requerimientos definidos o parecidos.

En la Tabla 24, se muestra el desglose de los costos de la maquinaria requerida para el proceso de producción.

Tabla 24. Costo de la maquinaria para el proceso productivo

Máquina	Descripción	Marca	Proveedor	Cantidad	Costo
Sierra	Sierra de banda horizontal semi-automática	HUOXIAN	Alibaba	1	\$ 2 223,97
Separador	Separador de parabrisas	Andela	Andela	1	\$ 15 213,11
Molino	Molino de bolas	Qixia Dali Mine Machinery Co.	Alibaba	1	\$ 5 248,52
Reactor	Reactor por lotes	Zucheng Yuanyang	Alibaba	1	\$ 4 278,69
Extrusora	Extrusora plástica	Zhangjiagan Techno Machinery Co.	Alibaba	1	\$ 5 703,97
Carretilla hidraulica	Apilador de elevacion manual	Foshan HaiZhiLi	Alibaba	1	\$ 750,00
Hidrolavadora de presión	Hidrolavadora Telstar	Telstar	Tienda monge	1	\$ 82,18
				<b>Costo total</b>	<b>\$ 34 213,56</b>

### 3.6 Insumos requeridos para proceso productivo

#### 3.6.1 Caracterización de los materiales

##### 3.6.1.1 Materia prima

Al analizar los cuatro módulos del proceso productivo, se observa como únicamente en los módulos II y III se requiere la introducción de un material específico. El mismo consiste en un solvente requerido para el tratamiento del PVB tanto para eliminar sus impurezas en la purificación como para obtener una resina uniforme.

De acuerdo con las especificaciones solicitadas por los clientes y las características del PVB, el etanol representa la mejor opción para el proceso. Esto debido primeramente a que el mismo cuenta con una baja toxicidad y carácter renovable (Brossard-Gonzalez, Ferrari, Pighinelli, & Park, 2010). Además, su punto de inflamabilidad es mayor al de otros solventes conocidos como el metanol y el isopropanol (Soft Secrets, 2014). Por otro lado el etanol representa un disolvente polar prático lo cual implica que el mismo consta

de moléculas en general muy polares que contienen protones ácidos y por lo tanto pueden formar enlaces de hidrógeno con los solutos (Becerra, Domínguez, & Domínguez, 2012).

Para lo que respecta al consumo del mismo, se determina por medio de la aplicación de una prueba de solubilidad en la cual se coloca un gramo del polímero en un recipiente a 50 °C y se le adiciona de forma leve y controlada el etanol con el fin de determinar la cantidad requerida para disolver el PVB. De esta manera se identifica que el requerimiento de etanol es de tres mililitros por cada gramo de PVB.

#### *3.6.1.2 Material de empaque*

Para los productos finales, se debe considerar el material en el cual se va a introducir el producto y enviar a los clientes. En lo que respecta al vidrio pulverizado, los consumidores solicitaron una presentación de una tonelada, por lo que se requiere un material capaz de contener esta cantidad de masa. Por consiguiente, se considera como mejor opción súper sacos los cuales son embalajes para arena con altas capacidades. Cabe destacar que el mejor material para el producto a utilizar es el polipropileno. Esto debido a que es un material ligero con alta resistencia a la fisuración, ácidos abrasivos, solventes orgánicos y electrolitos. De esta manera aísla de manera efectiva el vidrio pulverizado del entorno sin riesgo a derramarse (Terra, 2016). Adicionalmente, es un material reciclable de manera que cumple con el enfoque ambiental de la empresa.

Por otro lado, para la resina de PVB los clientes solicitan una presentación de 5 galones. De esta manera se consideran baldes plásticos con capacidad específica de el volumen indicado. Para contener la resina, el polietileno de alta densidad (PEAD) representa la mejor alternativa gracias a su resistencia a agentes químicos, agresión microbacteriana, impactos bruscos, tensiones elevadas y abrasión. Además, el PEAD cuenta con un bajo coeficiente de fricción, facilidad de transporte y manipulación y la ausencia de incrustaciones y tóxicos (Salesplas, 2018).

### *3.6.2 Listado de proveedores*

#### *3.6.2.1 Materia prima*

A nivel nacional, existe una restricción en el artículo 443 del Código Fiscal que indica que tanto la producción como el uso de alcohol etílico para fines licoreros e industriales corresponde a la Fábrica Nacional de Licores (FANAL). Por consiguiente, se debe cumplir con las indicaciones de este ente con el fin de adquirir el material requerido. Entre éstas se incluye completar el formulario denominado “Solicitud de alcohol para uso en productos alimenticios, industriales, farmacéuticos y otros” y cumplir con los requisitos definidos para el transporte del material (Oficio N° P E 212, 2008).

#### *3.6.2.2 Materia de empaque*

Para el vidrio pulverizado se investiga acerca de los posibles suplidores de los súper sacos, se identifican varios a nivel nacional, entre los cuales se encuentran Fideca, Rafytica y Sajiplast los cuales se encuentran ubicados en San Francisco de Dos Ríos, El Coyol y Heredia respectivamente. Al contactar a los tres se identifica que efectivamente cuentan con la capacidad de proporcionar sacos de las dimensiones y

especificaciones requeridas con respecto al material. Al solicitar cotizaciones via telefónica se verifica que la empresa Rafytica representa la mejor opción, ya que cuentan con el menor precio y con disponibilidad de entrega cuyo costo se encuentra incluido dentro de su precio unitario el cual es de 9,5 dólares.

Para la resina de PVB se consideran proveedores de envases plásticos, entre los cuales a nivel nacional destacan Grupo Comeca, Plastimex, Plásticos Pantera y Envasa. Cabe destacar que, por consistir en un envase rígido, requiere más espacio y, por consiguiente, una mayor frecuencia de entrega. Por lo anterior es de suma importancia que el proveedor cuente con una ubicación cercana a la de la empresa de manera que no se deba recorrer largas distancias. Por lo anterior, al contactar directamente a los proveedores, se identificó que, por localización y precio, Envasa figura como la mejor opción con un precio de 4,8 dólares por unidad.

### 3.6.3 Costos de los insumos requeridos

De acuerdo con lo anterior, se puede identificar que los costos unitarios relacionados al proceso productivo de la empresa son los mostrados en la Tabla 25. Sin embargo, debido a que los mismos representan costos variables, es decir, dependen del nivel de operación de la organización, la totalidad mensual y anual que se debe cancelar por los mismos se determina de acuerdo con los datos de la demanda.

Tabla 25. Costo por materiales requeridos para la producción.

Producto	Empaque	Costo unitario
PVB	Tambores con etanol	\$ 190,00
PVB	Cubeta de 5 gal	\$ 4,80
Vidrio	Saco de 1 tonelada	\$ 9,50

### 3.6.4 Costos de los materiales auxiliares

Los materiales auxiliares se definen como todos aquellos materiales necesarios para la limpieza, las oficinas, y el comedor. La cotización se realiza a una empresa llamada La Despensa, ubicada en Ochomogo, Cartago. La cotización de los productos se hace vía electrónica y ellos se encargan de llevarlas hasta las instalaciones.

En el Apéndice 7, se puede observar el desglose de los materiales auxiliares, donde además se considera un rubro de ₡20 000 en caso que se deba comprar otro tipo de material. Se identifica que se gasta alrededor de ₡103 474 mensualmente.

## 3.7 Recursos humanos requeridos

### 3.7.1 Caracterización del talento humano y costos asociados

El talento humano es de gran importancia debido a que son los responsables de que la producción se ejecute. De acuerdo con la metodología Lean Startup, se busca definir la mínima cantidad de puestos según

los procesos definidos, tomando en cuenta de no recargar las labores y que posteriormente se vaya adaptando según las necesidades requeridas. Por lo tanto, para poder empezar operaciones, se define que se requiere un administrador, cuatro operarios, un bodeguero y un chofer. Los salarios de cada puesto se definen de acuerdo a la lista de salarios mínimos del Ministerio de Trabajo (2019). En la Tabla 26 se muestra el desglose, junto con el monto correspondiente del patrono sobre las cargas sociales, las cuales corresponden a un 26,33% del salario del colaborador. Cabe destacar que para el inicio de operaciones se utilizan los salarios mínimos, no obstante, se considera que con el desarrollo de la empresa estos se deben de aumentar para tener salarios más competitivos en el mercado.

Tabla 26. Salarios y cargas patronales del recurso humano

Colaborador	Nombre del puesto	Cantidad	Salario mínimo	Salario mensual	Cargas patronales (26,33%)
Administrador*	Bachiller universitario	1	₡ 553 124,45	₡ 553 124,45	₡ 145 637,67
Operarios	Operador de máquina en general	4	₡ 11 471,53	₡ 248 358,62	₡ 65 392,83
Bodeguero*	Bodeguero (Encargado)	1	₡ 332 589,87	₡ 332 589,87	₡ 87 570,91
Chofer	Chofer de vehículo pesado	1	₡ 11 471,53	₡ 248 358,62	₡ 65 392,83

\*Salarios mensuales

Por lo tanto, en la Tabla 27 se muestra el monto total de salarios y cargas sociales de acuerdo con la cantidad de colaboradores requeridos, así como el monto total a pagar mensualmente contemplando estos dos rubros.

Tabla 27. Gastos totales del recurso humano mensualmente

Total de salarios	₡ 2 127 507,44
Total de cargas patronales	₡ 560 172 709,6
<b>Gastos totales por recurso humano</b>	<b>₡ 2 687 680,15</b>

### 3.8 Producto Mínimo Viable

La metodología Lean Startup propone lanzar negocios a través de un circuito ágil de construir-medir-aprender. Con esto, se pretende que el emprendedor, una vez establecidas las hipótesis y suposiciones, las valide con el producto mínimo viable (PMV) (Llamas Fernández & Fernández Rodríguez, 2018). El PMV

hace referencia a un producto parcial que se orienta a aprender rápidamente qué quiere el cliente, empleando el mínimo desperdicio (Garzáz, 2013).

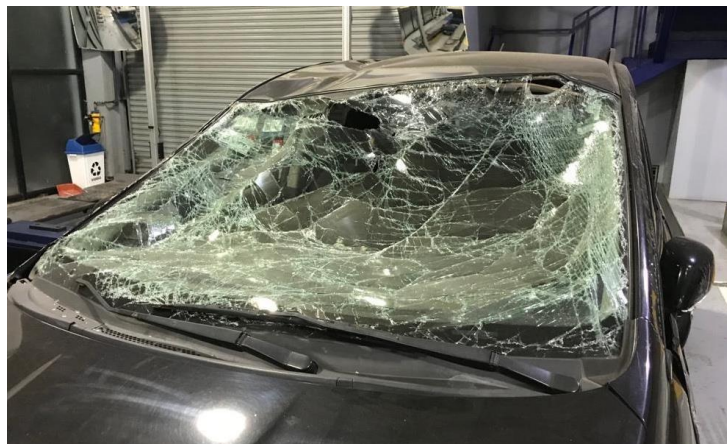
En la investigación que se realiza sobre la posibilidad de separar el vidrio laminado en sus dos componentes, PVB y vidrio, se encuentra que a nivel industrial existen distintas metodologías las cuales son explicadas en la Sección 3.4.1. Como parte del desarrollo del proyecto, más allá de lo teórico, es importante separar estos elementos con el fin de lograr un mayor entendimiento del proceso y así poder obtener muestras que dar a los clientes potenciales y poder comprender cuáles son sus necesidades y requerimientos.

### 3.8.1 Pruebas de separación de vidrio laminado y PVB

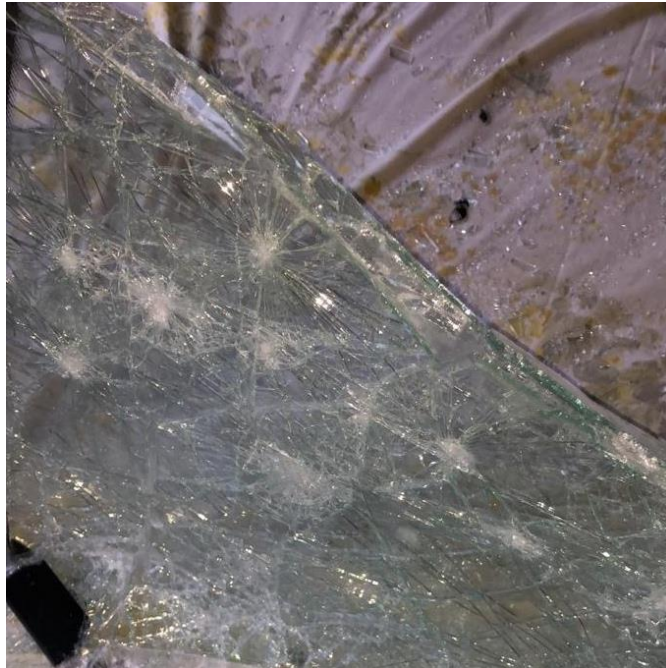
Las pruebas que se explican a continuación son realizadas por las integrantes del proyecto, no se utiliza una metodología estandarizada debido a la dificultad de manipular el vidrio. Es por esto que se procede a realizar distintas experimentaciones de prueba y error, tomando en cuenta las lecciones aprendidas de la prueba anterior.

#### 3.8.1.1 Primera prueba

La primera prueba de la separación del PVB y del vidrio, consiste en conseguir un parabrisas desechado pero que no estuviera completamente quebrado, esto con el fin de estudiar la forma en cómo romperlo. Primeramente se lanza el parabrisas desde aproximadamente un metro de altura para estudiar si esto facilita que se desprenda en pedazos; seguidamente, se quiebra con un martillo, con lo que se logra que el vidrio se fracture pero no se desprenda de la lámina de PVB, ya que su principal característica es que cuando el vidrio laminado se quiebra, sus fragmentos quedan adheridos, evitando el desprendimiento y la caída de partes que puedan representar un peligro como se observa en la Figura 16 y Figura 17.



*Figura 16. Vidrio de parabrisas quebrado producto de un choque automovilístico.*



*Figura 17. Parabrisas quebrado con martillo, primera prueba.*

Posteriormente, para poder obtener muestras más pequeñas del producto, se procede a cortar el vidrio laminado quebrado, para lo cual se experimenta con herramientas como tijeras y machetes; no obstante, estos no resultaron ser fáciles de manipular con el vidrio. Finalmente se logra obtener hojuelas de PVB y trozos de vidrio quebrado adherido al PVB como se muestra en la Figura 18 y Figura 19.



*Figura 18. Hojuela de PVB, primera prueba.*





*Figura 19. Trozo de vidrio laminado quebrado, primera prueba.*

### *3.8.1.2 Segunda prueba*

Para la segunda prueba se consigue un parabrisas desechado que no presente grandes quebraduras. Primeramente, se procede a enfriar el parabrisas en una piscina con hielo, como se observa en la Figura 20, esto, como recomendación del Dr. Sergio Musmanni, debido que al enfriarse, el PVB se vuelve más quebradizo. La temperatura del agua en la piscina se mantiene en aproximadamente 5°C. Se coloca el parabrisas en el agua, y después de diez minutos se saca de esta. Utilizando un mazo, se comienza a golpear el parabrisas para quebrarlo. Se logra observar un comportamiento distinto del parabrisas al obtenido en la primera prueba, ya que efectivamente, este estaba más quebradizo, como se observa en la Figura 21.



*Figura 20. Proceso de enfriamiento de parabrisas, segunda prueba*





*Figura 21. Estado del parabrisas después de 4 golpes, segunda prueba.*

Se continúa golpeando el parabrisas, cada cierto tiempo se vuelve a meter a la piscina con el fin de mantenerlo frío y facilitar la labor de quebrarlo. Utilizando una tijera para metales, se logra cortar el parabrisas en partes más pequeñas. Esta herramienta es más fácil de manipular que una tijera convencional y un machete. En esta ocasión se obtiene una lámina de PVB limpia de mayor tamaño a las de la primera prueba, esto debido a que, al enfriarlo, se facilita su separación, lo cual permite también recolectar el vidrio desprendido. Los resultados obtenidos se observan en las Figura 22 y Figura 23.



*Figura 22. Lámina de PVB, segunda prueba.*



*Figura 23. Vidrio quebrado y desprendido del PVB, segunda prueba.*

### *3.8.1.3 Tercera prueba*

La tercera prueba consiste en utilizar un método más cercano a uno industrial para la separación del vidrio laminado, en este caso, se utiliza el trapiche que se observa en la Figura 24.



*Figura 24. Trapiche, tercera prueba.*

Debido a que el parabrisas es muy ancho para pasarlo entero por el trapiche utilizado, se procede a cortarlo en láminas más pequeñas, utilizando un esmeril con disco para azulejo. Con esta última herramienta se logra realizar las tareas de corte de una manera mucho más rápida. Los resultados obtenidos de cortar el parabrisas con el esmeril se observan en la Figura 26.



*Figura 25. Láminas de parabrisas cortadas con esmeril, tercera prueba.*

Debido a que la ranura del trapiche es muy ancha para ejercer suficiente presión sobre una sola lámina de parabrisas, se pasan dos láminas juntas, como se puede observar en las Figura 26 y Figura 27.



*Figura 26. Láminas de parabrisas pasando por el trapiche, tercera prueba.*





*Figura 27. Láminas de parabrisas pasando por el trapiche, tercera prueba.*

Se consigue quebrar el parabrisas y que se desprendan pedazos de vidrio, sin embargo, el PVB se daña por la presión ejercida. Esto se debe a que el trapiche no tiene superficie plana, por lo que aplicar presión sus ranuras rompe la lámina de PVB. Sin embargo, se observa cómo este logra realizar una separación por medio de presión como se observa en la Figura 28.



*Figura 28. Láminas de parabrisas quebradas después de pasar por el trapiche, tercera prueba.*

#### *3.8.1.4 Cuarta prueba*

Las visitas realizadas a los clientes potenciales del vidrio, principalmente Productos de Concreto y Concretera Nacional, se les muestra el vidrio obtenido en la segunda prueba y se indica que para considerarlo a utilizar en sus procesos, se requiere que el vidrio sea de una granulometría menor, similar

a la de la arena utilizada en sus agregados. Es por esta razón, que surge la necesidad de obtener un tamizaje menor de manera artesanal, para así poder realizar las pruebas y determinar la factibilidad de utilizar el vidrio como sustituto de sus materiales.

Inicialmente, se intenta con un mazo seguir golpeando el vidrio que se había obtenido en la segunda prueba, para tratar de quebrarlo más y así reducir su granulometría; no obstante, no se logra obtener la cantidad requerida, además de que ensucia con partículas de polvo. De aquí surge la necesidad de buscar una nueva forma de lograr pulverizar el vidrio para obtener mayor cantidad para entregarle a los clientes. Es así como se intenta experimentar pulverizar el vidrio con una licuadora y posteriormente colándolo para poder separar las partículas de vidrio más grandes, como se observa en las Figura 29 y Figura 30.



*Figura 29. Licuando el vidrio, cuarta prueba.*



*Figura 30. Colando el vidrio, cuarta prueba.*

Para poder lograr que se pulverizara el vidrio, este se licua dos veces por aproximadamente 30 segundos. Los resultados obtenidos se pueden observar en la Figura 31, donde la bolsa superior corresponde al vidrio obtenido de la segunda prueba, la del medio al vidrio después de licuarlo dos veces pero que no pasa por el colador, y la inferior al vidrio licuado dos veces y colado.



*Figura 31. Presentaciones de vidrio obtenidas, cuarta prueba.*

#### *3.8.1.5 Quinta prueba*

Para analizar el efecto que genera el vidrio en el concreto, se contacta a laboratorios Insuma; empresa dedicada a consultorías en Ingeniería Civil y control de calidad a materiales de construcción. En la visita realizada al laboratorio, se muestra el vidrio pulverizado obtenido en la cuarta prueba. Sin embargo, se indica que esta granulometría es demasiado pequeña para las pruebas que se deben realizar, razón por la cual se solicita que se prepare una mayor cantidad de muestra en dos tipos de presentaciones, las que llamaron: grueso y liviano. El primero de estos hace referencia a como queda el vidrio después de quebrarlo con el mazo para poder desprenderlo del PVB y el segundo a obtener el vidrio en una granulometría menor, pero mayor a la obtenida en la cuarta prueba.

A partir de parabrisas utilizados en pruebas anteriores, los cuales cuentan con vidrio adherido en el PVB, se continúa quebrándolo para así poder obtener la mayor cantidad de material vítreo. En total se recolectan cinco kilos de material, de los cuales se separa la mitad para reducir su granulometría, utilizando nuevamente la licuadora, pero esta vez solo se licua una vez por 30 segundos. Los resultados obtenidos se muestran en las Figura 32 y Figura 33.



*Figura 32. Vidrio grueso, quinta prueba.*



*Figura 33. Vidrio liviano, quinta prueba.*

Los resultados obtenidos en el laboratorio se encuentran en la Sección 3.8.2.2.

#### *3.8.1.6 Sexta prueba*

La sexta prueba consiste en realizar experimentaciones con el PVB para disolverlo en etanol, esto debido a que es en esta presentación como el cliente final lo solicita. No se realiza un diseño de experimentos debido a la dificultad de controlar todas las variables involucradas en el proceso. Cabe destacar que el etanol utilizado tiene una concentración del 96%, sin embargo, el que se propone utilizar en el proceso productivo es de 99%.

Se realizarn tres ensayos, en el primero se disuelven 25 g de PVB en 50 ml de etanol (relación 2:1), en el segundo se disuelven 25 g de PVB en 75 ml de etanol (relación 3:1) y el tercer ensayo se disuelven 25 g de PVB en 100 ml de etanol (relación 4:1).

En los tres casos, se coloca el PVB cortado en filamentos pequeños dentro de un recipiente de vidrio en baño maría, con el agua a 50 grados centígrados, como se muestra en la Figura 34. Se utiliza esta temperatura debido a que el punto de ebullición del etanol es de 78,37 grados centígrados, para así evitar que este se evapore al añadirlo a la mezcla.





Figura 34. Preparación del PVB y baño maría, sexta prueba.

A cada prueba se le añade la cantidad de etanol respectiva y se revuelve con un agitador de manera constante. Se observa que la prueba de relación 2:1, el PVB inicial, no se disuelve en su totalidad y una vez que se deja reposar, se convierte en una masa sólida de textura blanda. El ensayo de relación 3:1, se logra disolver en su totalidad y al dejarlo reposar, se observa que se mantiene en estado líquido con aspecto viscoso. Por último, la prueba de relación 4:1, disuelve en su totalidad el PVB, pero se observa un remanente de etanol. Al dejarlo reposar, la mezcla se mantiene en estado líquido, pero con una viscosidad menor a la prueba anterior. El proceso de realización de las pruebas se observa en la Figura 35 y el resultado de las pruebas en la Figura 36.



(a) Relación 2:1



(b) Relación 3:1



(c) Relación 4:1

Figura 35. Mezcla PVB con etanol, sexta prueba





Figura 36. Resultados de la disolución de PVB, sexta prueba.

De acuerdo con las especificaciones indicadas por el cliente, el ensayo que cumple con los requisitos es el de relación 3:1. Por esta razón, esta es la proporción que se va a utilizar para calcular la cantidad de insumos requeridos y los costos de operación en secciones posteriores.

### 3.8.1.7 Resumen de las pruebas

A continuación, se presenta una tabla resumen de las pruebas y resultados obtenidos por el equipo de trabajo para en análisis del MPV.

Tabla 28. Resumen de las pruebas realizadas por parte del equipo de trabajo.

Prueba	Proceso	Resultado
1	Se rompe el parabrisas con martillo y machete	Cuesta que el vidrio se desprenda del PVB, se obtienen hojuelas pequeñas de PVB y poca cantidad de vidrio desprendido.
2	Se enfría el parabrisas en una piscina con hielo a una temperatura de 5°C. Posteriormente, se rompe con un mazo y se corta con una tijera para metales.	El vidrio se desprende con mayor facilidad del PVB. Se obtiene una lámina de PVB, lo que permite recolectar vidrio quebrado.
3	Se corta el parabrisas con un esmeril con disco para azulejo y se pasa por un trapiche.	Se desprenden pedazos de vidrio, pero el PVB se rompe por la presión ejercida.
4	Se pulveriza el vidrio obtenido de la segunda prueba, licuándolo dos veces durante 30 segundos y posteriormente colándolo.	Se consigue vidrio fino con un aspecto parecido a la sal.

Tabla 29. Resumen de las pruebas realizadas por parte del equipo de trabajo (continuación).

Prueba	Proceso	Resultado
5	En el laboratorio Insuma indican que la granulometría obtenida en la cuarta prueba es muy fina, por lo que se deben de preparar nuevas muestras. Se continúa quebrando parabrisas utilizados en pruebas anteriores con un mazo. La mitad del vidrio obtenido se licua una vez durante 30 segundos.	Se obtienen dos tamaños de vidrio, grueso y liviano. El primero se refiere al vidrio obtenido al quebrarlo solamente con el mazo, el segundo a quebrarlo con el mazo y posteriormente licuarlo.
6	Se disuelven 25 gramos de PVB en tres proporciones distintas, 50 ml, 75 ml y 100 ml de etanol a 50°C.	La disolución relación 2:1 no disuelve el PVB en su totalidad y el resultado es una masa sólida con aspecto blando, el de relación 3:1 se disuelve completamente y queda en estado líquido con alta viscosidad y la prueba de relación 4:1 tiene remanentes de etanol sin disolver y su viscosidad es menor a la prueba anterior.

### 3.8.2 Pruebas de laboratorios

#### 3.8.2.1 Análisis de PVB

Como se menciona anteriormente, las pruebas realizadas al PVB, son elaboradas por el Laboratorio de Ingeniería Química de la Universidad de Costa Rica, LASA; los resultados se encuentran en el (Fuente: Cemex, 2019)

Anexo 2. Por medio de estas se pretende analizar la pureza que presenta el polímero obtenido por el equipo de trabajo respecto al PVB comercial, para así entender su capacidad de ser utilizado por los clientes.

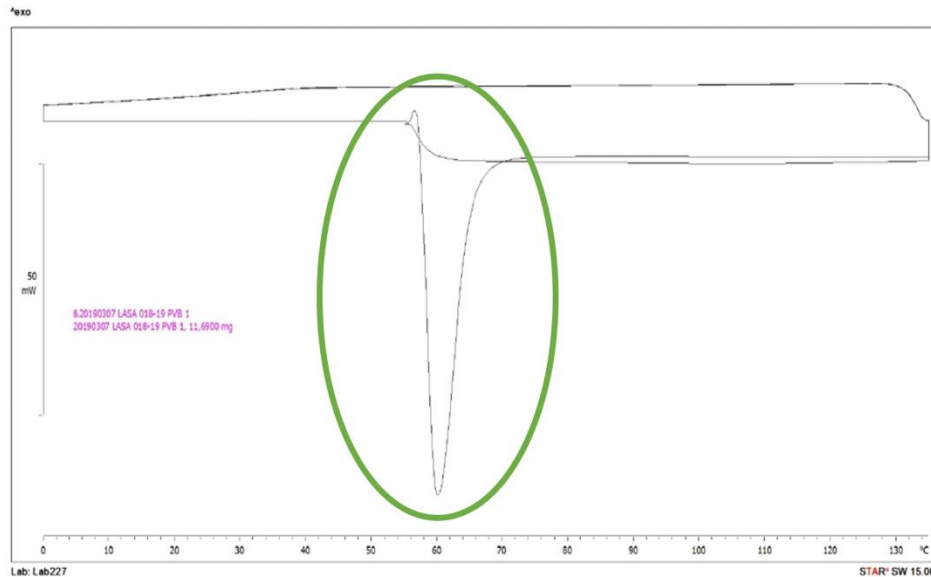
Estas pruebas son realizadas con el uso de un calorímetro diferencial de barrido, siguiendo la metodología ASTM D3418-15. Métodos estándar para la determinación de temperaturas de transición, entalpías de fusión y cristalización de polímeros por calorímetro de barrido diferencial. Con esta se obtiene la curva calorimétrica donde se representa la variación energía-potencia en función de un programa térmico; en este caso se utilizan los tres que se muestran en la Tabla 29.

Tabla 29. Temperatura de inicio y final de los programas de calentamiento aplicado para la determinación de la temperatura de transición vítrea.

Método	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)
1	50	135
2	10	135
3	10	275

(Fuente: Lasa, 2019)

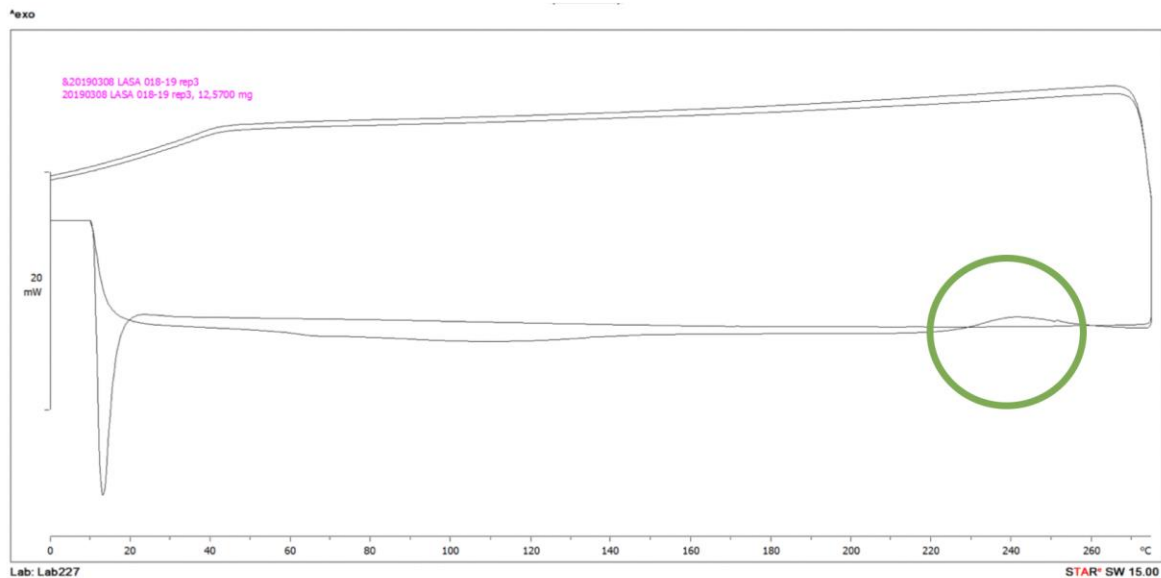
En los resultados obtenidos, se logra observar que el índice de transición vítrea del polímero extraído es de aproximadamente 60°C (Ver Figura 37). Comparando este dato, respecto al comercial que se encuentre entre los 57-71°C, se considera aceptable (Handbook of Polymers, 2016). Esto permite comprobar la pureza del material, así como el cumplimiento de una de las especificaciones por parte de Grupo Sur.



(Fuente: Informe de Laboratorio LASA, 2019)

Figura 37. Visualización del índice de transición vítrea en los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas.

Debido a que el procesamiento inicial elimina la huella térmica, en los siguientes dos métodos el índice de transición vítrea disminuye; no obstante, se logra identificar el punto de descomposición al llevar la prueba a mayores temperaturas (Ver Figura 38).



(Fuente: Informe de Laboratorio LASA, 2019)

Figura 38. Visualización de la descomposición del PVB en los resultados de las pruebas de laboratorio realizadas.

Respecto al PVB comercial, el cual inicia su descomposición en 200°C, se logra observar un comportamiento similar, donde su descomposición inicia alrededor de los 220 °C, mejorando así los resultados.

### 3.8.2.2 Análisis de vidrio para la adición en concreto

Las mezclas de concreto se pueden diseñar de tal manera que tengan una amplia variedad de propiedades mecánicas, de durabilidad y que cumplan con los requerimientos de diseño de la estructura para la cual la mezcla vaya a ser utilizada. La resistencia a la compresión del concreto es la medida más común de desempeño que emplean los ingenieros para diseñar edificios y otras estructuras, razón por la cual se selecciona para realizar el análisis a las mezclas de concreto y vidrio (Osario, 2019).

Estas pruebas son elaboradas por Laboratorios Insuma, donde se utiliza el material clasificado como liviano. Para esto se utiliza el Método de Ensayo Normalizado para Resistencia a la Compresión de Concreto ASTM C39/C39M-18, los resultados se encuentran en el Anexo 3.

Para esta prueba se elaboran cubos de 50x50x50mm donde se añade 0%, 5%, 10% y 15% de vidrio, como se observa en la Figura 39 y Figura 40. El cubo con 0% de vidrio es el punto de comparación en resistencia para las demás muestras.



*Figura 39. Preparación de mezcla de vidrio con concreto.*



*Figura 40. Preparación de cubos de concreto.*

Para cada uno de los cubos, se obtienen tres muestras, ya que el análisis de resistencia es llevado a cabo después de siete, 14 y 28 días de haberse preparado. Los resultados de las pruebas realizadas a cada uno de los cubos se muestran en la Figura 41.



Figura 41. Resultados de la prueba de resistencia a los cubos según el porcentaje de vidrio en cada uno estos.

Una vez realizada la prueba de resistencia, después de los 14 días, se espera que el comportamiento se mantenga constante (Ocampo, 2019). Los resultados se muestran en la Tabla 30.

Tabla 30. Resultados de prueba de resistencia del cemento después de 14 días.

% de Cemento	7 días	14 días	28 días
0%	114 kN	119 kN	131 kN
5%	89 kN	95 kN	104 kN
10%	100 kN	104 kN	116 kN
15%	82 kN	89 kN	100 kN

(Fuente: Insuma, 2019)

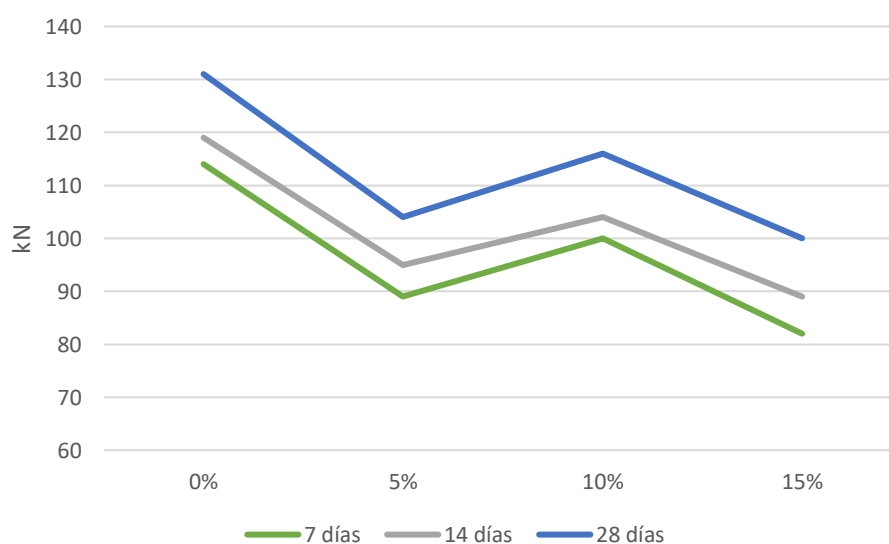


Figura 42. Resistencia del cemento según edad.

Como se observa en la Figura 42, se logra observar que para todos los porcentajes de sustitución, la resistencia aumenta después de los 14 días. Sin embargo, la cantidad de vidrio en la mezcla no tiene un comportamiento lineal conforme se aumenta la cantidad de vidrio sustituido, ya que con un 10% resulta tener la menor disminución en la resistencia respecto al 0% de vidrio presente en la mezcla.

Estos resultados permiten comprobar a los clientes la efectividad de la sustitución de algunos de sus agregados por el vidrio granulado; así como la posibilidad de variar este porcentaje, de acuerdo a la resistencia requerida por el cliente según lo que se vaya a construir.

### 3.8.3 Producto final

Una vez realizadas las pruebas y validado los resultados con los clientes finales, se definen las características que presentan el vidrio pulverizado y el PVB.

#### 3.8.3.1 Características del vidrio pulverizado

De acuerdo con la gráfica de la granulometría de la norma C-136, presentada en el Anexo 4, para poder utilizar el vidrio pulverizado como sustituto de arena, la malla de análisis de granulometría debe tener una abertura de 1,19 mm, que permita el paso del 50% del material, pero no más de un 85%; por esta razón se recomienda que el rango de granulometría que debe tener el vidrio es de 1 a 1,5 mm. En la Tabla 31, se muestran las características definidas para el vidrio.

Tabla 31. Características del vidrio pulverizado comercializado por Recovil.

Característica	Especificación
Granulometría	1 – 1,5 mm
Color	Claro
Presentación	Sacos de 1 tonelada
Aplicación	Sustituto de arena para concreto

#### 3.8.3.2 Características del PVB

El PVB reciclado puede utilizarse como sustituto de PVB nuevo, pero su nivel de pureza debe de ser semejante, requerimiento que se logra comprobar de acuerdo a lo explicado en la Sección 3.8.2. Las características que contiene el PVB reciclado se muestran en la Tabla 32.

Tabla 32. Características del PVB comercializado por Recovil.

Característica	Especificación
Tipo de PVB	Reciclado
Estado	Líquido
Viscosidad	No definida*

Tabla 33. Características del PVB comercializado por Recovil (continuación).



Característica	Especificación
Color	Claro
Temperatura de transición vítrea	60°C

\*No se define la viscosidad debido a que el equipo de trabajo no cuenta con los instrumentos necesarios para su medición.

### 3.9 Diseño y localización de instalaciones

Por medio del diseño de planta se busca integrar todos los factores involucrados en la generación de valor, buscando optimizar el movimiento de materiales, permitiendo una circulación fluida, utilizando el espacio eficientemente, así como brindando seguridad para los trabajadores y el producto (Castaño, s.f).

En el caso de la localización de una planta define la estructura de costo correspondiente a la decisión de dónde se va ubicar, así como el nivel de servicio al cliente que con esta se consigue. Tradicionalmente se recurre a la proximidad a las fuentes de materias primas y a los mercados, es decir se trata de un problema de transporte y costos. Adicionalmente, se deben considerar repercusiones sociales, ambientales y políticas (Carro & González, 2014).

Estos conceptos son tomados para inicialmente, definir la localización óptima de la planta de operación, identificar los requerimientos espaciales y flujos existentes para finalmente identificar en el mercado las opciones de alquiler de locales para diseñar una óptima distribución.

#### 3.9.1 Localización de planta de operación

En este caso, el proceso de localización de la planta de operación inicia por la ubicación de la totalidad de los EIAs y Talleres de Enderezado y Pintura por provincia, cantón y distrito. De la misma manera, se identifica en cuál de estas ubicaciones se genera el mayor volumen de residuo de parabrisas y la cercanía de los clientes interesados en los productos finales. Además, se incluye la disponibilidad de locales para alquiler dentro de las zonas que obtienen mayor porcentaje en las variables mencionadas. A cada uno de estos factores se le asigna un peso relativo según su importancia para definir la localización.

De esta manera, se evalúan las zonas con mayor puntuación y se verifica si estas están disponibles de acuerdo con el Reglamento del Plan Director Urbano de los cantones para el desarrollo de una planta productiva de esta naturaleza.

De acuerdo con el análisis de identificación de los clientes del servicio de recolección de parabrisas según provincia se determina que el 61,7% se encuentran ubicados en San José, 13% en Heredia, 12,4% en Cartago y 13% en Alajuela.

El 48,3% de las EIAs y Talleres de Enderezado y Pintura de la provincia de San José se ubican en el cantón de San José y de estos el 31,6% se encuentran en la zona de La Uruca, el 17,5% en San Sebastián, 12,3% en el distrito Hospital y 10,5% en Zapote. Estos son los cuatro distritos con mayor porcentaje de clientes



del servicio de recolección. Respecto al total de clientes, es decir, en relación con los 193, el porcentaje de clientes para cada uno de estos distritos se muestra en la Tabla 33.

*Tabla 33. Distritos con el mayor porcentaje de clientes respecto a la totalidad de interesados en el servicio de recolección.*

Distrito	Porcentaje
La Uruca	9,3%
San Sebastián	5,2%
Hospital	3,6%
Zapote	3,1%

El análisis de volumen de parabrisas generados para cada una de las provincias, cantones y distritos se realiza únicamente a partir de los datos de las EIAs. Esto debido a que, como se ha mencionado anteriormente, se desconoce la cantidad específica que generan los Talleres de Enderezado y Pintura individualmente. Además, se conoce que las EIAs son las que generan más del 75% del total de parabrisas desechados.

Por lo tanto, se identifica que el 63% del volumen de parabrisas se genera en la provincia de San José, el 20% en Alajuela, el 13,2% en Cartago y el 3,9% en Heredia. Respecto a la provincia de San José, el 81,57% se genera en el cantón de San José en los distritos de San Francisco de Dos Ríos, San Sebastián, Zapote y Hatillo. El porcentaje de volumen generado respecto a la totalidad se resume en Tabla 33.

*Tabla 34. Distritos con el mayor porcentaje de volumen de parabrisas generado según la totalidad de EIAs.*

Distrito	Porcentaje
San Francisco de Dos Ríos	21,7%
San Sebastián	11,6%
Zapote	9,8%
Hatillo	4,6%
Hospital	3,7%

Una vez identificado los distritos con mayor porcentaje de clientes interesados en el servicio de recolección de parabrisas, así como los mayores generadores, se seleccionan los cuatro principales de cada uno de estos factores. Esto con el objetivo de identificar la distancia a recorrer desde cada uno de estos puntos hasta los clientes interesados en los productos finales. Los resultados se resumen en la

Tabla 35.

Tabla 35. Distancia de los principales clientes del producto final respecto a los principales distritos generadores de parabrisas.

Clientes	Distancia (km)					
	La Uruca	San Sebastián	Hospital	Zapote	San Francisco de Dos Ríos	Hatillo
Grupo SUR (La Uruca)	9,8	9,7	6,4	12,3	12,5	6,8
Productos de Concreto (San Rafael, Alajuela)	11,8	18,5	17,7	21,2	21,4	15,6
Concretera Nacional (Río Segundo, Alajuela)	10,1	18,6	16	22,1	22,3	17,3
Concretera Nacional (Pavas, San José)	4,6	8,9	6,8	11,5	10,5	4,8
Concretera Nacional (Tibás, San José)	10,2	9,3	3,5	7,2	9,9	8,0
Promedio	9,30	13,00	10,08	14,86	15,32	10,50

Adicionalmente, se realiza una verificación de la disponibilidad de locales para la compra y alquiler en cada una de estas localidades. Con esto también se toma en cuenta la regulación existente para cada local y su disponibilidad para tener un uso industrial. Los resultados se muestran en la Tabla 40, respecto a la escala que se muestra en la Tabla 39.

A partir de los datos anteriores, se genera una escala Likert para cada uno de los factores con el objetivo de establecer una medición. Estas se muestran en las Tabla 36,

Tabla 37, Tabla 38 y Tabla 39.

Tabla 36. Escala Likert para el porcentaje de clientes interesados en el servicio de recolección.

Escala	Rango
1	0 - 2,9%
2	3 - 5,9%
3	6 - 8,9%
4	Más de 9%

Tabla 37. Escala Likert para el porcentaje de volumen de parabrisas generado por las EIAs.

Escala	Rango
1	0 - 6,9%
2	7 - 11,9%
3	12 - 16,9%
4	Más de 17%

Tabla 38. Escala Likert según la cercanía de los clientes interesados en el producto final.

Escala	Rango (km)
1	Más de 16
2	11 - 15,9
3	6 - 10,9
4	1 - 5,9

Tabla 39. Escala Likert según la disponibilidad de locales.

Escala	Rango (uds)
1	0 - 1
2	2 - 3
3	4 - 5
4	Más 6.

Asimismo, se le asigna un porcentaje relativo según el valor de cada uno de estos factores genera sobre la decisión de la selección de la localización. El porcentaje de clientes interesados en el servicio de recolección y cercanía de clientes obtiene un 20%, mientras que el porcentaje de volumen de parabrisas generado, así como la disponibilidad de locales obtienen un 30%. Estos porcentajes se determinan de esta manera ya que los dos últimos factores tienen una mayor importancia por su impacto en el negocio.

A partir de las escalas Likert, así como los resultados obtenidos para cada uno de los factores en estudio se obtienen los resultados que se muestran en la Tabla 40. Por medio de la misma, se determina que la localización óptima según los factores en estudio es La Uruca.

Tabla 40. Calificaciones de los factores para identificación de la localización.

Factor	Peso	Calificación					
		La Uruca	San Sebastián	Hospital	Zapote	San Francisco de Dos Ríos	Hatillo
Ubicación de clientes interesados en servicio de recolección	20%	4	2	2	2	1	2
Cercanía de clientes de producto final	20%	3	2	3	2	2	3

Volumen de parabrisas generado por las EIAs	30%	1	2	1	2	4	1
Disponibilidad de locales	30%	4	3	2	2	2	2
Promedio Ponderado		2,9	2,3	1,9	2	2,4	1,9

### 3.9.2 Diseño de planos de distribución

#### 3.9.2.1 Matriz de relaciones

Por medio de la matriz de relaciones es posible identificar los vínculos entre las diferentes áreas, el impacto de su localización y su importancia relativa. De esta manera es posible definir cuáles áreas deben mantenerse cerca y cuáles alejadas de manera tal que sean consideradas a lo largo del diseño de la planta. Para esto se utilizan las calificaciones que se muestra en la Tabla 41 y se justifican, cuando sea pertinente, con las razones que se muestran en la Tabla 42. La matriz de relaciones se muestra en la Tabla 43.

Tabla 41. Simbología correspondiente a la clasificación para la Matriz de Relaciones.

Simbología	Descripción
A	Absolutamente necesario
E	Especialmente importante
I	Importante
O	Ordinario
U	Sin Importancia
X	Indeseable

Tabla 42. Simbología correspondiente a la razón para la Matriz de Relaciones.

Simbología	Descripción
1	Manejo de Materiales
2	Comparte Personal
3	Supervisión
4	Comparte Información
5	Olores o Ruidos
6	Actitudes del empleado



A partir de la matriz de relaciones, se puede concluir que tanto la bodega de producto terminado, así como la bodega de materia prima, deben encontrarse cerca de la zona de carga y descarga ya que este es el lugar donde se dará la entrada y la salida del material.

Respecto a los servicios sanitarios, es recomendable que se encuentren cerca de la oficina administrativa, con el objetivo de que cuando haya visitas en la planta, estas no deban cruzar todo el establecimiento para llegar al servicio sanitario. Además, cerca de las áreas productivas, ya que estos deben ser de rápido acceso para los contribuidores,

De ser preferible, el área administrativa debe localizarse cerca de las áreas productivas para mantener la supervisión del trabajo, así como la posibilidad de compartir fácilmente la información.

El comedor debe estar alejado de las áreas productivas para evitar la contaminación generada por el material a manejar. Además, esta zona debe de estar aislada de manera tal que no ingrese material, como vidrio, de las zonas productivas.

La bodega de mantenimiento y amenidades es de gran importancia que se encuentre en las zonas cercanas a las áreas de producción. Esto se debe a que la mayor parte del proceso productivo se da por la utilización de maquinaria que requiere mantenimiento, así como ajustes por su uso.

El módulo de trituración debe encontrarse a la par de los módulos de pulverización y purificación, ya que de este proceso es que se obtiene la separación de los dos materiales que recibirán tratamientos por separado. Mantener la cercanía de proceso genera un mejor manejo del material, evitando desperdicios por caída de vidrio. Además, existe la posibilidad de compartir el personal cuando el proceso lo requiera.

### *3.9.2.2 Análisis de flujos y recorridos dominantes*

Con el objetivo de conocer el flujo de material del proceso productivo, se procede a realizar un análisis de flujos y recorridos dominantes. Para esto, se considera desde la entrada de material e insumo hasta la preparación de los pedidos para su salida de la planta, como se muestra en la Figura 43.

De acuerdo al análisis de flujos, así como los resultados obtenidos en la matriz de relaciones, se procede a realizar un diagrama de bloques (Ver Tabla 43). Este tiene como objetivo fundamental planificar las relaciones entre el flujo de material y la localización de las actividades de servicio relacionadas a la actividad de producción.



Figura 43. Diagrama de bloques para el diseño de planta.

### 3.9.2.3 Requerimientos espaciales

Una vez que se obtienen conocen las relaciones y el análisis de flujo esperado se procede a realizar el cálculo de los requerimientos espaciales. A partir de estos datos, es posible identificar cuáles naves industriales se encuentra en alquiler de acuerdo a la zona seleccionada como óptima a través del estudio de localización.

Inicialmente se consideran los requerimientos de acuerdo al Reglamento de Construcción, con lo que se conoce que es necesario  $2,5\text{m}^2$  por persona en cada una de las áreas productivas, un inodoro por cada 25 trabajadores y un lavamanos cada 10. Además, para el diseño general de la planta, se toma en cuenta el curso de Diseño y Localización de Instalaciones de la Escuela de Ingeniería Industrial de la Universidad de Costa Rica, impartido por la Ingeniera Patricia Ramírez.

Para el cálculo del requerimiento espacial del área productivo, se considera la huella de cada una de los equipos productivos, así como el espacio horizontal ocupado por cada uno de estos. Además, se agrega  $2,5\text{m}^2$  de acuerdo al área ocupada por cada una de las personas que operan en esta área, así como un 30% del espacio total para circulaciones y un 15% para producto en proceso. Estos se resumen en la

Tabla 44.

Tabla 44. Requerimientos espaciales del área productiva.

Producción	Huella (m <sup>2</sup> )
Mesa limpieza	4,00
Sierra de banda	1,35
Separador de vidrio laminado	4,49
Molino	29,41
Reactor químico	0,99
Extrusora	3,00
Área requerida por personal	10
<b>Total</b>	<b>53,24</b>
+ Circulaciones (30%)	15,97
+ Producto en Proceso (15%)	7,99
<b>Total</b>	<b>77,19</b>

Respecto al espacio requerido por la bodega de materia prima, se toma en cuenta la utilización de una estructura que permite almacenar 20 parabrisas en una huella de 0,6m<sup>2</sup>. Esta idea se toma de una de las visitas realizadas en un taller, observando cómo optimizan el espacio. Esta se observa en la Figura 44.



Figura 44. Estructura para el almacenamiento de parabrisas.

Además, es importante mencionar que el espacio designado para parabrisas corresponde a las unidades recolectadas en una semana. Por lo tanto, la capacidad instalada de parabrisas es de 780 unidades en un escenario normal.



Como parte de los insumos requeridos se considera los tambores de etanol de 200 litros, los cuales tienen una base de 0,59m. Para esto se toma en cuenta el tiempo de entrega del proveedor, el cual es semanal, así como el consumo de este. Debido a que se requieren alrededor de 15 tambores semanales se designa el espacio para esto.

Por otro lado, las cubetas utilizadas para envasar el PVB terminado son entregadas por el proveedor mensualmente. De acuerdo al volumen a procesar mensual, se requieren 40 unidades. Estas cubetas son de 5 galones por lo que tienen un diámetro de 0,31 m y pueden ser acumuladas en torres de 10 unidades por lo que se considera estas características para definir el espacio requerido.

Finalmente, respecto a los sacos de una tonelada para almacenar el vidrio, estos son entregados mensualmente por el proveedor. Debido a que se encuentran comprimidos estos se almacenan verticalmente ocupando solo así el espacio de una tarima. El espacio total requerido para la bodega de materia prima se muestra en la Tabla 45.

Tabla 45. Requerimiento espacial de la bodega de materia prima

Bodega de Materia Prima e Insumos	Diámetro (m)	Cantidad mensual aproximada	Huella (m <sup>2</sup> )
Estructura para parabrisas	-	780	23,40
Tambores de etanol 200 litros	0,59	15	16,40
Cubetas de 5 galones	0,31	4	1,21
Sacos para vidrio molido	-	45	1,20
<b>Total</b>			<b>42,20</b>

En el caso de la bodega de producto terminado, se considera los dos productos finales obtenidos a través del proceso de transformación: PVB líquido, así como vidrio molido y sus presentaciones. Para esto se toma en cuenta que los sacos de una tonelada de vidrio molido deben manejarse en tarimas, así como ser transportados por un apilador de elevación manual que puede alcanzar un movimiento vertical hasta un segundo nivel en un rack. En este caso, se toma en cuenta el espacio requerido para almacenar producto terminado durante una semana, ya que las entregas a clientes se realizan a inicios de todas las semanas y en algunos casos dos veces por semana.

El vidrio molido se despecha alrededor de 13 toneladas por semana, debido a que este se maneja por medio de tarimas y se acumula en racks de dos niveles el espacio requerido es de 7,8m<sup>2</sup>. Por otro lado, las cubetas de PVB líquido pueden acumularse hasta tres verticalmente y se producen y venden diez semanales, por lo que se considera la huella de tres. Los requerimientos espaciales de la bodega de producto terminado se resumen en la Tabla 46.

Tabla 46. Requerimientos espaciales de la bodega de producto terminado.

Bodega de Producto terminado	Diámetro	Cantidad mensual	Huella (m <sup>2</sup> )
Cubetas de PVB	0,31	3	0,93
Sacos vidrio molido	-	13	7,80
<b>Total</b>			<b>8,73</b>

Los requerimientos espaciales de los servicios de apoyo se considera la persona que trabaja en esta área por un sector de 4,5m<sup>2</sup>. Para el caso del comedor se calcula el total de personas que van a hacer uso de este por un factor de 1,25m<sup>2</sup>. Debido a la cantidad total del personal, solo se requiere un servicio sanitario el que debe cumplir con las especificaciones de la Ley 7600. Esto se resume en la Tabla 47.

Tabla 47. Requerimiento espacial para las áreas de servicios de apoyo.

Servicios de Apoyo	Cantidad de personal	Factor (m <sup>2</sup> )	Huella (m <sup>2</sup> )
Administración	1	4,50	4,5
Comedor	5	1,28	6,4
Servicios Sanitarios	5	-	4,0
Bodega de mantenimiento	-	-	3,0
<b>Total</b>			<b>17,90</b>

Finalmente, se determina que el espacio total mínimo requerido es de 146,02m<sup>2</sup>, el cual es utilizado como base para la búsqueda de bodegas en alquiler en la zona de La Uruca.

### 3.9.3 Selección de planta de operación

Para la selección de la planta de operación se toman en cuenta los resultados obtenidos en el proceso de localización, así como los correspondientes al diseño de planta. Adicionalmente, se consideran los aspectos legales mencionados en la Sección 2.5, donde se rescata los siguientes puntos del Reglamento de Centros de Recuperación de Residuos Valorizables (Decreto No.35906-S):

- Pisos, paredes, entresijos y estructuras internas deben estar construidos con materiales retardadores al fuego de al menos una hora, no porosos, de fácil limpieza y que no se reblandezcan al entrar en contacto con agua o productos que se almacenen.
- Techos de una altura mínima de 2,5 metros.
- La distancia de recorrido para acceder a un extintor no debe ser mayor a 23 metros
- Instalaciones eléctricas de acuerdo al Código Eléctrico Nacional.
- Todo centro de recuperación de residuos valorizables debe disponer de área de parqueo, carga y descarga, de manera tal que no utilice la vía y predios públicos.

De acuerdo a los requerimientos mencionados anteriormente, se identifican tres naves industriales que cumplen con todos los requisitos. No obstante, se evalúan tres factores que se consideran decisivos para la toma de la decisión; estos son el costo del alquiler, el área total y área de servicios de apoyo como el comedor y oficinas. Este último debido a que, si la nave no cuenta con estas, deben construirse,

aumentando así la inversión inicial. Los resultados obtenidos en este análisis se encuentran resumidos en la Tabla 48.

Tabla 48. Selección de la nave industrial para la instalación de la planta de operación.

Número de Nave Industrial	Costo del alquiler mensual	Área total	Área de Servicios de Apoyo
1	\$3 500	350 m <sup>2</sup>	No
2	\$3 500	350 m <sup>2</sup>	No
3	\$3 200	390 m <sup>2</sup>	Sí

La nave industrial #3 no solo ofrece el menor precio de alquiler, sino cuenta con una mayor área, ya que las oficinas se encuentran en un segundo piso, permitiendo así un mayor aprovechamiento de la primera planta para los fines productivos.

De acuerdo a los planos de la planta, así como todos los puntos mencionados anteriormente para el diseño de las instalaciones, la distribución de la nave industrial se muestra en la Figura 45.

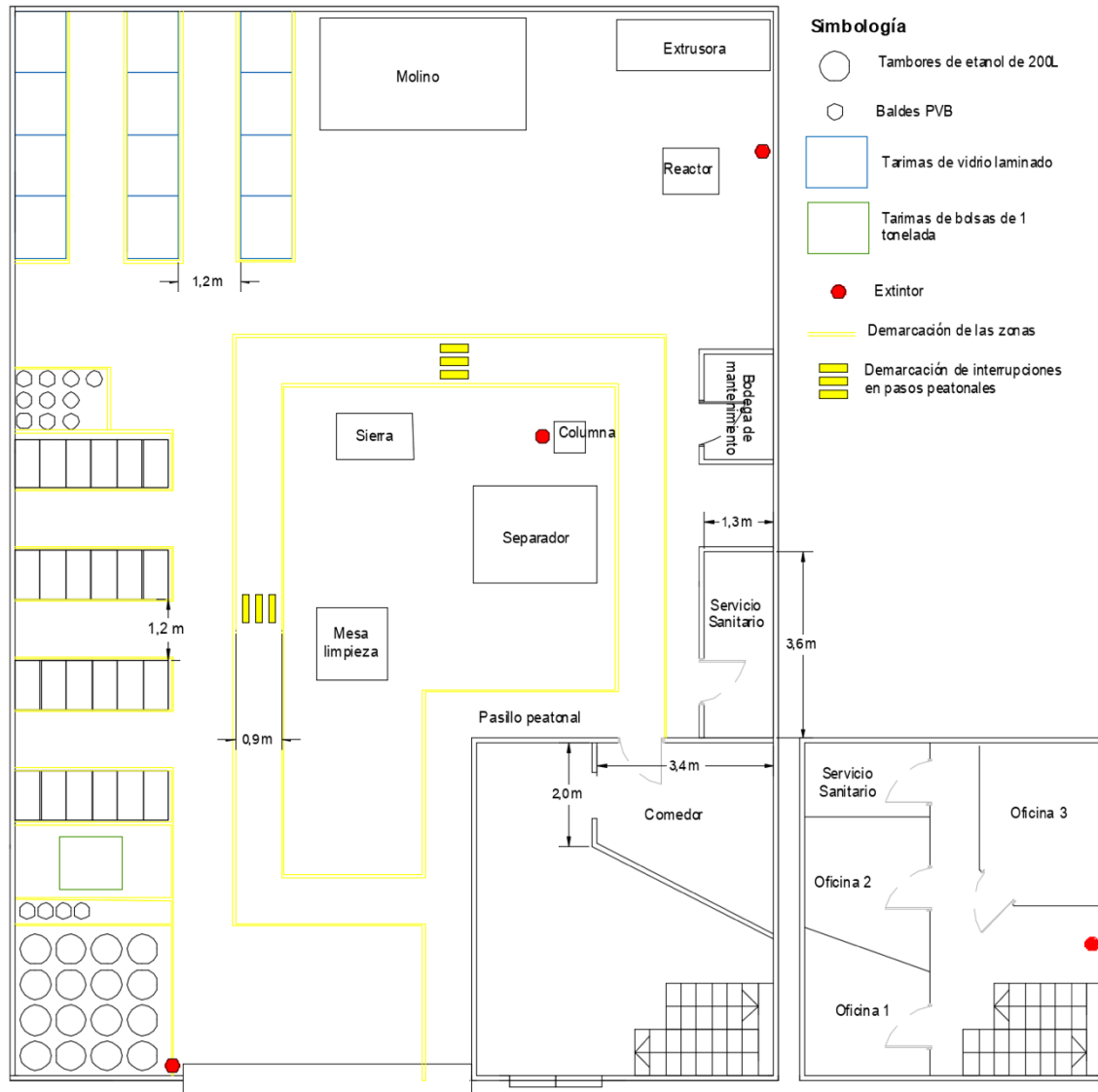


Figura 45. Distribución de planta.

Es importante mencionar que, debido a la distribución actual de la planta, se cuenta con un área de recepción, así como dos oficinas y un servicio sanitario adicionales al espacio requerido. Esto le da la oportunidad a la planta de crecer en esta misma localización.

### 3.9.4 Costos de las instalaciones

El costo de las instalaciones hace referencia a los costos del alquiler de la planta, de la compra del mobiliario para su equipamiento, y el costo del agua, luz, teléfono e internet. A continuación se muestra el resumen de los costos de cada uno de estos rubros, el desglose de los mismos se encuentra en el Apéndice 8 y el Apéndice 9.

Como se muestra en la Tabla 48, el costo de alquiler de la nave industrial es de \$3 200 mensuales. En este precio se encuentra incluido los costos de seguridad las 24 horas. Considerando que el tipo de cambio es de ₡ 610,00 para la fecha del 26 de marzo del 2019, el alquiler en colones equivale a ₡ 1 952 000 mensuales.

En la Tabla 49 se muestra el costo asociado a la compra del equipamiento de la planta y las oficinas, el cual se divide en tres secciones: equipo, mobiliario y artículos de limpieza, cabe destacar que en esta sección no se incluye la maquinaria requerida para el proceso productivo, esta se desglosa en la Sección 3.5.1.

Tabla 49. Costo de la Inversión inicial en equipo, mobiliario y limpieza

Equipo	₡ 939 970,00
Mobiliario	₡ 1 325 100,00
Limpieza	₡ 66 145,00
<b>Total</b>	<b>₡ 2 331 215,00</b>

En la Tabla 50 se muestra el costo indirecto asociado a la electricidad, donde se contempla todo el equipo utilizado en la planta y en las oficinas.

Tabla 50. Desglose de costos indirectos de electricidad mensuales

Energía eléctrica	₡ 310 927,18
Alumbrado público	₡ 10 230,17
Tributo al cuerpo de bomberos	₡ 5 441,23
<b>Costo total</b>	<b>₡ 326 598,58</b>

En la

Tabla 51 se muestra el costo asociado al consumo de agua, donde se toma en cuenta el uso de los lavatorios, servicios sanitarios, comedor, lavado de parabrisas y limpieza de maquinaria e instalaciones.

Tabla 51. Desglose de los costos indirectos de agua mensuales

Cargo fijo de agua	₡ 2 000,00
Consumo agua	₡ 65 672,00
Cargo fijo alcantarilla	₡ 1 200,00
Consumo alcantarillado	₡ 37 465,00
Hidrantes	₡ 2 200,00
<b>Costo total</b>	<b>₡ 108 537,00</b>

En la Tabla 52 se muestra el desglose de los costos asociados al teléfono e internet, los cuales se cotizaron con Kolbi. Para el caso del teléfono, se tiene una tarifa básica y se calculan 600 minutos extra entre

teléfonos fijos, con un costo adicional de ¢ 8,59 por minuto. Para el internet, se contrata una tarifa básica de 10 megas.

Tabla 52. Costo mensual de teléfono e internet.

Tarifa básica teléfono	¢ 3 840,00
Minutos extra (mensuales)	¢ 5 154,00
Costo total teléfono	¢ 8 994,00
Tarifa básica internet (10 megas)	¢ 17 900,00

A continuación, en la Tabla 53, se puede observar el resumen de los costos mensuales asociados a las instalaciones que debe recurrir la empresa.

Tabla 53. Costos mensuales asociados a las instalaciones

Alquiler de la planta	¢ 1 936 000,00
Electricidad	¢ 326 598,58
Agua	¢ 108 537,00
Teléfono	¢ 8 994,00
Internet	¢ 17 900,00
<b>Total de costos mensuales de instalaciones</b>	<b>¢ 2 398 029,58</b>

### 3.10 Plan de mercadeo y ventas

El marketing consiste en el proceso de planear las actividades de la empresa en relación con el precio, la promoción, la distribución y la venta de los bienes y servicios que se ofrecen. Con éste, también se busca la definición del producto o servicio con base en las preferencias del consumidor (Alcaraz, 2015). Para lograr lo anterior, se debe determinar el qué, a quién y cómo se llevará a cabo, lo cual se realiza por medio del plan de mercadeo y ventas.

#### 3.10.1 Objetivos de marketing

Para iniciar el plan de mercadeo y ventas, es necesario establecer lo que se busca lograr con el producto o servicio en términos de ventas, distribución y posicionamiento en el mercado. Para ello se debe contemplar segmento de mercado en que se piensa incursionar y el plazo de tiempo en el cual se piensan lograr los objetivos (Alcaraz, 2015).

A corto plazo, la empresa busca cubrir la demanda de recolección y tratamiento de parabrisas de los talleres y EIAs ubicadas en el Gran Área Metropolitana así como sus alrededores, con el fin de obtener material para abastecer los requerimientos de vidrio pulverizado de Productos de Concreto, Concretera Nacional y las necesidades de PVB de Grupo Sur.

A largo plazo, se considera como objetivo ofrecer el servicio a nivel nacional tanto para parabrisas como para vidrio laminado de manera que se pueda incursionar en la aplicación del PVB y el vidrio pulverizado obtenido en usos distintos como revestimientos textiles y morteros respectivamente.

De esta manera, se plantea una estrategia de crecimiento basada en mejora continua e innovación. Esto con el fin de asegurar la permanencia en el mercado y el reconocimiento de la marca.

### 3.10.2 Canales de distribución

Por la naturaleza del negocio, no se requiere de puntos de venta ni distribuidores minoristas para hacer llegar el producto a los compradores. De esta manera, la empresa cuenta únicamente con un sistema de distribución el cual consiste en la entrega directa del producto a las instalaciones de los clientes. Para ello, como se indica en la Sección 3.3.2, se cuenta con flotilla propia cuya ruta se encuentra establecida.

Asimismo, para la prestación del servicio de recolección, se cuenta con el camión encargado de llegar a la localidad de cada uno de los clientes para proveer el servicio ofrecido. No obstante, también se pone a disposición de los clientes que así lo requiera la facilidad de recibir material en sitio de forma tal que la empresa se encargue de su tratamiento.

### 3.10.3 Promoción del producto y servicio

#### 3.10.3.1 Marca de la empresa

En general, cualquier empresa puede y debe tener una marca. Sin embargo, la misma no siempre se desarrolla de manera planificada de acuerdo al esquema estratégico de la empresa. Para ello se utiliza el branding, el cual de manera general se entiende como la gestión de las marcas. No obstante, se ha convertido en uno de los temas del que se habla mucho pero se entiende poco (Puig, 2017).

Para iniciar con el desarrollo de la marca, primeramente, se debe comprender que la misma no consiste en un logo, un empaque o una campaña de publicidad. Una marca es lo que los demás piensan que la empresa es y representa. Una percepción fundamentada sobre cómo ven a la empresa, los sentimientos que la misma despierta en su interior y que dicen de la ésta. De esta manera se identifica que la marca es la parte más importante de la compañía, precisamente porque es lo que define y encapsula la idea de negocio (Puig, 2017).

En los últimos años, se ha dado una tendencia de gran fuerza en el branding la cual es el minimalismo. Esto debido a que sus líneas simples y claridad visual brindan contundencia en la comunicación visual al servicio de las firmas y organismos (Rodríguez, 2016). Los diseños minimalistas argumentan lo importante de la marca y el mensaje general antes de la forma, de manera que se logre un mejor reconocimiento y una fácil comunicación con los clientes (Olachea, 2014).

Por lo anterior, para la empresa propuesta, se plantea como nombre de marca “Recovil”, haciendo referencia a la idea de negocio general la cual consiste en la recolección de vidrio laminado para su posterior tratamiento. De esta manera las primeras dos sílabas se refieren a recolección, y la última a vidrio

laminado. Con lo anterior se busca que las personas, a la hora de interactuar con el nombre, lo asocien directamente con el objetivo de la empresa.

### 3.10.3.2 *Imagen por proyectar*

La identidad corporativa es un elemento fundamental a tomar en cuenta a la hora de iniciar una empresa. La misma trasciende del logotipo, incluyendo la imagen, las sensaciones, las emociones, los valores y la filosofía que la empresa. De esta manera, la imagen debe ser global y su marca aplicada de manera correcta. Aunque la empresa no sea de grandes dimensiones, su identidad debe ser clara para ser percibida como una empresa sólida, comprometida y de calidad (Creis, 2017).

Parte de la identidad de la empresa consiste en el diseño y las aplicaciones del logotipo, los colores, y los valores. Para esto, se contacta a Esteban Gonzaga, profesional en el área de publicidad y diseño publicitario con el fin de plasmar la idea de manera correcta en el mismo. Con su ayuda, se desarrolla el logotipo mostrado en la Figura 46.



*Figura 46. Logotipo propuesto para la empresa.*

En lo que respecta a colores, se consideran varias tonalidades de verde. Este color, por excelencia, se relaciona a la naturaleza y al medio ambiente. Representa armonía, crecimiento, fertilidad, resistencia, éxito y frescura. Además, es el color más relajante para el ojo humano (Lay, 2014).

Por otro lado, con respecto a las figuras geométricas, se seleccionan triángulos. Esto debido a que los mismos hacen referencia a liderazgo y dinamismo en el mercado (Pahwa, 2018). Adicionalmente, se consideran símbolos de estabilidad y balance (Pahwa, 2018) lo cual busca la marca propuesta a nivel ambiental.

En lo que respecta a valores de la empresa, se tienen tres principales. Primeramente está la conciencia ambiental, la cual consiste en el conocimiento que el ser humano tiene de las acciones que ejecuta sobre su entorno, teniendo pleno sentido y facultades del impacto positivo así como negativo que las mismas puede ocasionar (Temas Ambientales, 2018). Luego se encuentra el compromiso con la mejora continua el cual se basa en la orientación hacia una aplicación sistemática de iniciativas que permitan una constante innovación para alcanzar una mayor eficiencia (Retos Directivos, 2016). Por último, se tiene la calidad, la cual consiste en el conjunto de propiedades de un producto o servicio que le conceden la capacidad de satisfacer los requerimientos, preferencias y expectativas del consumidor (Ruiz, 2011).



### 3.10.3.3 Diseño de etiqueta

De acuerdo con los requerimientos de empaque establecidos por los clientes. Los mismos cuentan con especificaciones estrictamente definidas las cuales se destacan en la Sección 3.6.1.2. Por consiguiente, se elabora una serie de etiquetas, tanto para el vidrio molido como para el PVB. Para éstas, se considera en primera instancia destacar los beneficios y cualidades del producto en la parte frontal de los empaques respectivos, por lo que se desarrollan las etiquetas mostradas en las Figura 47 y Figura 49. Por otra parte, para las etiquetas traseras se incluyen las especificaciones técnicas y precauciones a tomar en cuenta al hacer uso de los materiales de la forma mostrada en las Figura 48 y Figura 50.




Figura 47. Etiqueta frontal para el empaque de la resina adhesiva de PVB.


La resina adhesiva es un agregado compuesto de butiral de polivinilo (PVB) y etanol. EL PVB consiste en un polímero resultante de la mezcla de alcohol de polivinilo (PVA) con butiraldehído. Es termoplástico con buenas propiedades mecánicas, alta flexibilidad, claridad óptica y excelente adhesión a diferentes superficies. Adicionalmente, cuenta con gran durabilidad y solubilidad en distintos disolventes.

Composición		
Material	Fórmula Molecular	% por peso
PVB	C <sub>4</sub> H <sub>8</sub> O	25%
Etanol	C <sub>2</sub> H <sub>5</sub> OH	75%

Advertencias		
Contacto	Peligro asociado	Primeros auxilios
Ojos y piel	Irritación	Enjuagar con agua
Ingestión	Irritación del tracto digestivo	Contactar al médico
Inhalación	Irritación del tracto respiratorio	Buscar aire libre

**PELIGRO**

 H225 Líquido y vapores muy inflamables

 H319 Provoca irritación ocular grave

P210 Mantener alejado del calor, chispas, llamas y cualquier otra fuente de ignición. No fumar.

P233 Mantener el recipiente herméticamente cerrado.

PRODUCTO FABRICADO EN COSTA RICA POR: RECOVIL, S.A. ZONA INDUSTRIAL LA URUCA, SAN JOSÉ, COSTA RICA. TEL: (+506) 2222-2222. CORREO: INFO@RECOVILCR.COM



Figura 48. Etiqueta trasera para el empaque de la resina adhesiva de PVB.

# RECOVIL

## AGREGADO PARA CONCRETO

- ✓ Material a base de vidrio  
100% reciclado
- ✓ Más durabilidad y dureza
- ✓ Mayor fuerza de  
compresión



Peso neto: 1000 KG

Figura 49. Etiqueta frontal para el empaque del agregado de concreto.

El vidrio molido es un material que se compone de altos niveles de sílice convirtiéndolo en un excelente compuesto puzolánico o del cemento. Además comparte características con arenas, permitiendo su sustitución como agregado fino. También provee una mayor durabilidad del concreto gracias a la presencia de óxidos como el de sodio ( $\text{Na}_2\text{O}$ ) y el de calcio ( $\text{CaO}$ ) y permite alcanzar una dureza ideal por el encadenamiento de sus átomos los cuales forman un sistema rígido capaz de resistir altas temperaturas.

Características físico-químicas		
Apariencia	Polvo grisáceo-verdusco	Solubilidad en agua Insoluble
Olor	Inoloro	Punto de ebullición >1000 °C
Estado físico	Sólido (granulado)	Punto de fusión 850 °C
Composición $\text{SiO}_2$	>70%	Gravedad específica 1,5 g/cm <sup>3</sup>

**Advertencias**

El polvo de sílice no es inflamable, ni reactivo pero su inhalación prolongada puede causar enfermedades respiratorias como la silicosis. Además, la sílice respirable puede agravar otras enfermedades respiratorias como el asma, bronquitis crónica, enfisema, anomalías de función pulmonar, etc.

En contactos cortos se puede generar irritación en los ojos y en las mucosas de la nariz. Para su manipulación es importante evitar la formación de polvo y manipularlo en lugares ventilados. Además se recomienda no barrer los restos de polvo en seco sino humedecer la zona a limpiar y usar siempre anteojos de seguridad.

PRODUCTO FABRICADO EN COSTA RICA POR: RECOVIL, S.A. ZONA INDUSTRIAL LA URUCA, SAN JOSÉ, COSTA RICA. TEL: (+506) 2222-2222. CORREO: INFO@RECOVILCR.COM



AC-VM-0002

Figura 50. Etiqueta trasera para el empaque del agregado de concreto.

### 3.10.4 Plan de introducción al mercado

Como se menciona anteriormente, la empresa no provee un producto o servicio al público en general, sino a empresas productoras de bienes o prestadoras de servicio. Por lo anterior, no se establece una campaña de publicidad para la entrada al mercado como tal. Sin embargo, sí se plantea una estrategia de comunicación directa con los potenciales clientes en la cual se les contacta vía telefónica o virtual con el fin de darles a conocer los servicios y productos que la empresa pone a su disposición. De esta manera se asegura la llegada de información veraz y completa a los clientes con el fin de que los mismos puedan identificar si lo ofrecido satisface sus requerimientos.

### 3.10.5 Sistema y plan de ventas

La venta de los productos y servicios se plantea por medio de un sistema directo en el cual el contacto y la entrega se realiza de manera inmediata con el cliente (Rojas, 2017). En lo que respecta al sistema de cobro, se establece una metodología de cuentas por cobrar cuya contribución debe ser recaudada de manera mensual de manera electrónica de acuerdo a lo estipulado en los contratos de servicios.

## 3.11 Conclusiones de la fase de diseño

- Para el proceso de recolección se define, mediante un análisis heurístico y posteriormente de optimización, ocho rutas para cubrir los 193 clientes del servicio en la GAM, Palmares y Grecia y tres rutas para entregar el producto final a los clientes utilizando un vehículo propio de cuatro

toneladas. Se decide adquirir no tercerizar el servicio debido a que las empresas existentes en el país para subcontratar el transporte rechazan el negocio considerando que, por la naturaleza del material, puede afectar los demás productos y cargas que transporten.

- Mediante la simulación de la calendarización en recolección y entregas de producto terminado se logra determinar que se cubre con la demanda establecida, permitiendo satisfacer las demandas de los clientes.
- Se identifica que existen tres sistemas de transformación debidamente registrados y patentados a nivel mundial, donde el sistema con mayor afinidad es el del Centro Tecnológico de Lurederra. Sin embargo, debido a los requerimientos de los clientes, el proceso adaptado a las condiciones nacionales, consta de cuatro módulos: trituración de vidrio laminado, purificación de PVB, acondicionamiento de PVB y pulverización de vidrio.
- De acuerdo con las necesidades de cada módulo se definen las especificaciones con las que debe contar la maquinaria que se debe utilizar, las cuales consisten en una sierra de banda, una trituradora especializada, reactor químico, extrusora y un molino de bolas. Su costo total es de 34 213,56 dólares.
- Para el proceso productivo, se identifican tres insumos principales, que consisten en una materia prima, la cual es etanol, y dos materiales de empaque, los sacos para el vidrio y las cubetas para la resina de PVB. A nivel nacional, se cuenta con varios proveedores para los sacos y las cubetas, sin embargo para el proyecto se seleccionan Rafytica y Envasa respectivamente. Para el etanol solo está la FANAL como distribuidor autorizado a nivel industrial, por lo que existe una gran dependencia del mismo.
- Conforme con la metodología Lean StartUp, se contrata la mínima cantidad de personal requerida para la correcta operación de la planta, considerando así únicamente un administrador, cuatro operarios, un bodeguero y un chofer. Esto representa un costo total mensual de 2 687 680,15 colones.
- Se logra definir las características del producto final ofrecidos a los clientes mediante la ejecución de pruebas a escala para moler el vidrio y preparar la resina de PVB, donde además, se evidencia la posibilidad de escalar los resultados a nivel industrial y que tanto el vidrio como el PVB, puedan ser reinserados en la industria como sustitutos de compuestos vírgenes.
- Por medio de la ubicación de los clientes tanto del servicio de recolección como clientes del producto final, el volumen generado y la disponibilidad del local, se identifica que el lugar óptimo para localización de la planta es en La Uruca. Por consiguiente, se selecciona un edificio en alquiler el cual cumple con toda la reglamentación y los requerimientos espaciales.
- A partir de la nave industrial seleccionada, se logra elaborar un diseño de planta que involucra un análisis de flujos y recorridos con el fin de cumplir con los requerimientos productivos y la seguridad de las personas que laboran en las instalaciones.
- Para la prestación del servicio ofrecido y la venta de los productos obtenidos se determina que la metodología a utilizar es directa, tanto de venta como de comunicación con los clientes de manera que las estrategias de mercadeo se basan en contacto vía telefónica, virtual o presencial.

## Capítulo IV: Validación

### 4.1 Objetivos de validación

#### 4.1.1 Objetivo general

Validar el modelo de negocio por medio del análisis ambiental, comercial y financiero, con el fin de determinar la viabilidad económica del proyecto.

#### 4.1.2 Objetivos específicos

- Cuantificar los impactos ambientales generados por medio de un Análisis de Ciclo de Vida para comparar el sistema de disposición de parabrisas actual con el planteado en el modelo de negocio propuesto.
- Estudiar la percepción de la idea de negocio por parte de los clientes mediante encuestas, para identificar la aceptación del proyecto en el mercado.
- Realizar el análisis de viabilidad económica por medio de balances financieros e indicadores económicos para identificar la rentabilidad del negocio.
- Calcular el valor asociado al modelo de negocio en diferentes escenarios por medio de un análisis de sensibilidad con el fin de evaluar el comportamiento del proyecto ante posibles eventualidades.
- Valorar los riesgos potenciales identificados por medio de la elaboración de una matriz de riesgos con el propósito de estimar la criticidad de los mismos.

### 4.2 Metodología de validación

Para delimitar la etapa de validación del proyecto, se definen actividades que se van a desarrollar en esta fase, junto con las herramientas que se utilizan y los resultados. El detalle de la metodología se puede observar en la Tabla 54.

Tabla 54. Metodología para el desarrollo de la etapa de validación.

Actividad	Herramientas	Resultados
Evaluación del impacto ambiental	Revisión bibliográfica Entrevista con expertos Análisis de Ciclo de Vida Software: SimaPro	Comparación de las huellas de carbono y agua del sistema de disposición actual contra las del sistema propuesto
Análisis de aceptación de la idea negocio por parte de clientes	Encuestas a clientes Entrevistas con expertos	Porcentaje de cumplimiento de requerimientos de clientes Oportunidades de mejora

Tabla 55. Metodología para el desarrollo de la etapa de validación (continuación).

Actividad	Herramientas	Resultados
Análisis de viabilidad económica	Estado de resultados	Ingresos y costos totales por año
	Estudio de movimientos de caja	Flujos netos de efectivo
	Indicadores de rentabilidad	Valor actual neto (VAN)
		Tasa interna de retorno
Análisis de riesgo		Índice de deseabilidad
		Punto de equilibrio
	Análisis de sensibilidad	Variación en VAN según escenarios
	Matriz de riesgo	Evaluación de riesgo de fallas potenciales
	Revisión bibliográfica	Priorización de riesgos potenciales

### 4.3 Evaluación del impacto ambiental

La evaluación del impacto ambiental se realiza mediante el Análisis de Ciclo de Vida (ACV), el cual es una herramienta analítica que se utiliza para identificar los impactos ambientales generales de un producto, proceso o actividad humana, desde la adquisición de la materia prima, a través de la producción y el uso, hasta la gestión del residuo (Curran, 2013). El ACV tiene una estructura fija y se realiza de acuerdo con las normas internacionales ISO 14040. Consta de cuatro etapas principales, las cuales se explican a continuación.

En la primera etapa, se identifica el objetivo y el alcance, donde se define cuál parte del ciclo de vida del producto se toma en cuenta en la evaluación, es decir, se establecen los límites del sistema. En la segunda etapa, se describen los flujos de energía y materiales dentro del sistema del producto y su interacción con el medio ambiente, las materias primas consumidas y las emisiones generadas. En la tercera etapa se detallan los resultados de las categorías de impacto. En la cuarta y última etapa, se realiza la interpretación de los resultados (Manickam & Muralikrishna, 2017).

#### 4.3.1 Objetivo del estudio

Se identifica que actualmente, en el país, los parabrisas que son desechados por los talleres de enderezado y pintura y las EIAs, no reciben ningún tipo de tratamiento y en su mayoría, solamente se llevan a los SDF. Debido a esta situación, es que surge la propuesta de realizarles un tratamiento a los parabrisas, separando el vidrio del PVB. Por lo tanto, el propósito de efectuar el análisis de ciclo de vida, es evaluar el impacto ambiental que genera a partir de la recolección, tratamiento y valorización de los parabrisas, en comparación con solamente llevarlos a los SDF.

A continuación se detalla la definición del alcance e inventario de datos para las dos situaciones a estudiar, donde la situación A corresponde al ACV de los parabrisas que se desechan en los SDF y la situación B son los parabrisas que reciben tratamiento.

#### 4.3.2 Definición del alcance

##### 4.3.2.1 Tema de estudio

El estudio se enfoca en los impactos que se generan al reciclar los parabrisas que son desechados por los talleres de enderezado y pinutra y las EIAs, mediante la separación de las capas de vidrio y del PVB que componen los parabrisas en comparación a los parabrisas que son desechados y llevados a los SDF.

##### 4.3.2.2 Unidad funcional

Para el ACV es esencial definir una unidad funcional, ya que esta es la base de referencia de todos los datos recopilados, razón por la cual debe de ser un parámetro medible. En este caso, se define que la unidad funcional corresponde a un parabrisas desechado, de un promedio de 11 kilogramos, donde 1 kg corresponde a PVB. Esta es la unidad funcional que se utiliza para ambas situaciones.

##### 4.3.2.3 Límites del sistema: Situación A

El límite del sistema "gate-to-grave", esto quiere decir que se estudia desde que el parabrisas es descartado por los talleres o EIAs, y es transportado y desechado en los SDF, sin recibir ningún tipo de tratamiento. Esto se aprecia en la Figura 51.



Figura 51. Límites del sistema para el ACV: Situación A – desecho en los sitios de disposición final

##### 4.3.2.4 Límites del sistema: Situación B

El límite del sistema se define "gate-to-gate", ya que el estudio inicia desde el momento en que se realiza la recolección de los parabrisas desechados por parte de los talleres de enderezado y pintura y de los EIAs, incluye el tratamiento que se le realiza a los mismos con el fin de separarlo en vidrio pulverizado y resina de PVB y finaliza con la entrega del producto a los clientes. La producción original del vidrio de parabrisas y su uso en el vehículo se excluyen del estudio como se observa en la Figura 52.

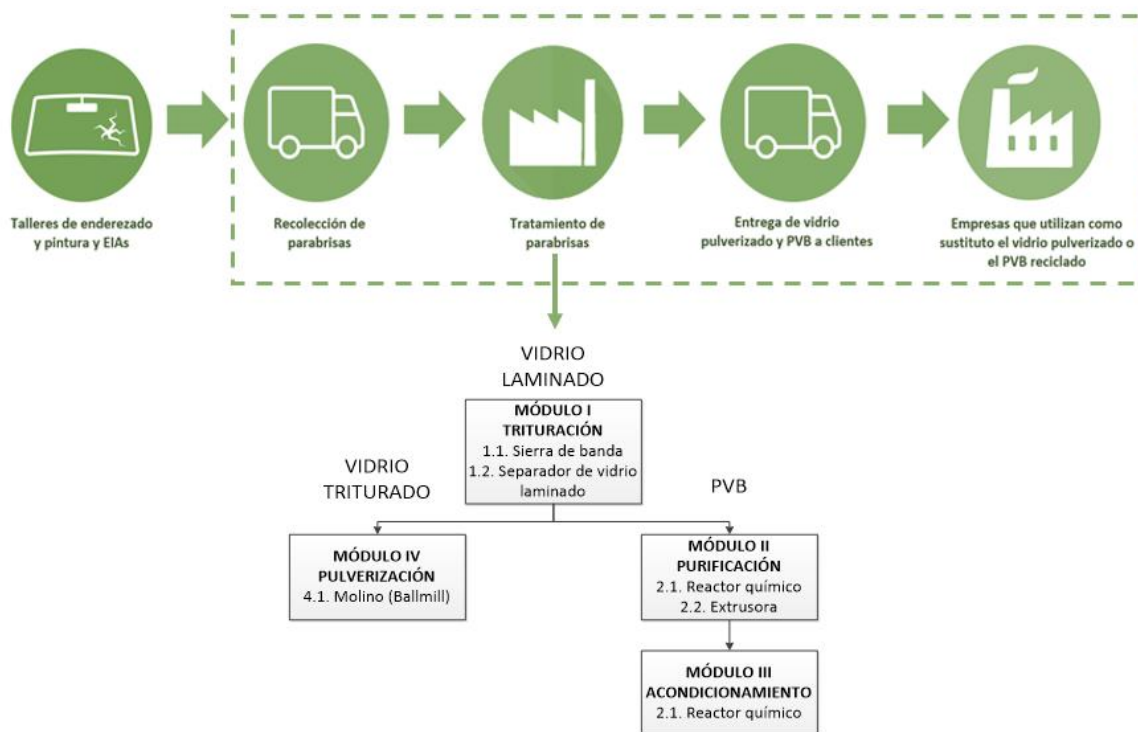


Figura 52. Límites del sistema para el ACV: Situación B – tratamiento del vidrio laminado

#### 4.3.3 Caracterización de los parabrisas

Los parabrisas varían en tamaño, por lo que tienen un rango de peso de 10 a 20 kg, sin embargo, los más comunes tienen un peso aproximado de 11 kg, donde alrededor de un kilogramo es de PVB. Razón por la cual es con el que se realiza el estudio y se utiliza como unidad funcional.

#### 4.3.4 Caracterización del transporte

Las actividades que requieren de transporte generan grandes impactos ambientales, debido a que utilizan gran cantidad de combustible. Se generan emisiones de combustión tanto en la operación del vehículo como en la producción de combustible, por lo que el transporte representa una fuente importante de dióxido de carbono, óxido de nitrógeno e hidrocarburos (Flanders, 2013).

En la Tabla 55 se muestran las características del vehículo definidas para ambas situaciones. Debido a que para la situación A, se utiliza una gran variedad de vehículos, se decide utilizar las mismas características que presenta el vehículo elegido para la situación B.

Tabla 55. Características del vehículo para situación A y situación B.

Marca del vehículo	JAC
Modelo	1070Kn



Tabla 57. Características del vehículo para situación A y situación B (continuación).

Año	2018
Combustible	diésel
Toneladas de almacenamiento	4 ton
Emisión CO <sub>2</sub>	Euro 3

#### 4.3.5 Inventario de datos

En la Tabla 56 se muestra el inventario de datos, donde la distancia es un promedio de lo que deben de recorrer los vehículos de ida tanto a los SDF, a la planta de operación de Recovil o a los clientes finales. Los consumos de agua, energía y etanol están calculado como el consumo promedio por parabrisas.

Tabla 56. Inventario de datos de Situación A y Situación B.

	Situación A	Situación B
<b>Distancias recorridas</b>		
De taller a planta de operación o SDF, según aplique	17,3 km	10,9 km
De planta de operación a clientes finales (km)	N/A	11,5 km
<b>Consumos</b>		
Agua	N/A	0,0035 m <sup>3</sup>
Energía	N/A	0,715 kWh
Etanol	N/A	1,291 L
<b>Otros datos</b>		
Uso del PVB	N/A	Relación 1:1 PVB virgen contra PVB reciclado.
Uso del vidrio pulverizado	N/A	1 kg de vidrio sustituye 10% de arena en concreto.

#### 4.3.6 Resultados y análisis de ACV

En esta sección se muestran los resultados obtenidos del Análisis de Ciclo de Vida, mediante la utilización del software SimaPro, los cuales fueron facilitados por el ingeniero Luis Guillermo Valerio.

En la Tabla 57, se muestran los resultados obtenidos por categoría de impacto en la situación A. Se observa que el mayor impacto lo genera la disposición del desecho en los rellenos sanitarios y vertederos afectando el calentamiento global, con un aporte de 8,475 kg de CO<sub>2</sub> equivalente por parabrisas.

Tabla 57. Impacto de Situación A por categoría.

Categoría de impacto	Unidad	Transporte	Residuo municipal, desecho en SDF	Total
Calentamiento global	kg CO <sub>2</sub> eq	0,100	8,375	8,475
Formación de ozono, salud humana	kg NO <sub>x</sub> eq	0,001	0,001	0,002
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	0,000	0,000	0,000
Consumo de agua	m <sup>3</sup>	0,000	0,004	0,004

En la Tabla 58 se determinan los impactos ocasionados producto del proceso productivo de la situación B, en este caso, el mayor aporte es causado por el transporte durante la recolección de los parabrisas y entrega del producto terminado, con una contribución de 0,13 kg CO<sub>2</sub> equivalente por parabrisas.

Tabla 58. Impactos del proceso de Situación B por categoría.

Categoría de impacto	Unidad	Transporte	Etanol 99%	Total
Calentamiento global	kg CO <sub>2</sub> eq	0,130	0,001	0,185
Formación de ozono, salud humana	kg NO <sub>x</sub> eq	0,001	0,000	0,001
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	0,000	0,000	0,000
Consumo de agua	m <sup>3</sup>	0,000	0,000	0,004

En la Tabla 59, se encuentra el impacto que se genera con la producción de las materias primas vírgenes, por lo que se analiza la extracción de arena que se utiliza para la producción de concreto y el impacto del PVB virgen que se requiere para la producción de barniz y adhesivos. Se determina que la producción del PVB virgen genera un aporte de 34,47 kg CO<sub>2</sub> equivalente.

Tabla 59. Impacto de producción de materias primas

Categoría de impacto	Unidad	Arena	PVB virgen	Total
Calentamiento global	kg CO <sub>2</sub> eq	0,01	34,47	34,47
Formación de ozono, salud humana	kg NO <sub>x</sub> eq	0,00	0,00	0,00
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	-	0,00	0,00
Consumo de agua	m <sup>3</sup>	-	0,39	0,39

En la

Tabla 60, se calcula la compensación que se obtiene en la situación B, donde se resta el aporte que se genera como parte de la producción de las materias primas vírgenes, ya que estas van a ser sustituidos por los productos obtenidos del proceso productivo.

Tabla 60. Impacto de la Situación B, contrarrestando la producción de materia prima

Categoría de impacto	Unidad	Total
Calentamiento global	kg CO <sub>2</sub> eq	-34,29
Formación de ozono, salud humana	kg NO <sub>x</sub> eq	0,00
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	0,00
Consumo de agua	m <sup>3</sup>	-0,38

En la Tabla 61 se calcula la disminución del impacto ambiental obtenido entre las dos situaciones planteadas, donde la mayor reducción se genera en el calentamiento global, con 42,76 kg CO<sub>2</sub> equivalente reducidos por parabrisas.

Tabla 61. Reducción por categoría de impacto

Categoría de impacto	Unidad	Situación A	Situación B	Reducción
Calentamiento global	kg CO <sub>2</sub> eq	8,475	-34,289	42,7645
Formación de ozono, salud humana	kg NO <sub>x</sub> eq	0,002	-0,003	0,0049
Eutrofización de agua dulce	kg P eq	0,000	0,000	0,0002
Consumo de agua	m <sup>3</sup>	0,004	-0,382	0,3864

Por lo tanto, se estima que si se logran recolectar aproximadamente 3100 parabrisas mensualmente en un escenario normal, se genera un ahorro de 132 556 kg CO<sub>2</sub> equivalente.

#### 4.3.7 Plan Nacional de Descarbonización

En el Plan Nacional de Descarbonización se establecen diez ejes donde se trazan rutas de cambio en áreas claves para revertir el crecimiento de las emisiones de gases de efecto invernadero, así como fomentar la modernización y dinamización de la economía bajo una visión de crecimiento verde. El sétimo eje hace referencia a la GIR, que busca un sistema de gestión integrada de residuos, basada en la separación, reutilización, revalorización y disposición final de máxima eficiencia y bajas emisiones de gases de efecto invernadero (MINAE, 2018).

El emprendimiento en reciclaje de parabrisas, es un avance que contribuye a la meta propuesta para el 2030, donde Costa Rica debe tener una cultura ciudadana y empresarial orientada a una menor generación de residuos y a un exitoso manejo de los mismos, bajo el enfoque de la economía circular.

Esto se logra, mediante la reinserción de los productos obtenidos (PVB y vidrio pulverizado) nuevamente en la industria, específicamente en la producción de adhesivos y barnices y producción de concreto respectivamente, generando una disminución de 42,76 kg CO<sub>2</sub> equivalente por parabrisas.

## 4.4 Análisis de aceptación de la idea de negocio por parte de los clientes

Una vez concluido el diseño, se procede a identificar el interés del modelo del negocio por parte de los clientes. Con esto se pretende conocer su nivel de aceptación, así como comparar cómo este varía respecto a la primera vez que se presenta, en la Sección 2.3.1.2.

### 4.4.1 Metodología

Respecto a los interesados en el producto final, no se realiza un análisis de aceptación de la idea de negocio, ya que, al ser clientes específicos, se diseña de acuerdo a sus necesidades y expectativas. No obstante, es importante mencionar que, para la definición de los precios de venta de los productos finales, se consideran el costo de los materiales a sustituir para los clientes, con el objetivo de no superar estos.

Por el contrario, respecto al servicio de recolección, se requiere satisfacer las necesidades de alrededor de 193 clientes, por lo que se procede a realizar el análisis por medio de entrevistas telefónicas.

Esta encuesta se aplica a 44 clientes, es decir un 23% de la población, donde el 57% de los encuestados corresponden a EIAs y 43% a talleres. Se busca mayor representación de las EIAs al ser quienes proveen alrededor del 90% de los parabrisas. No obstante, se considera importante la representación de talleres al ser la mayor parte de los clientes.

Antes de la realización de estas, se da una explicación detallada del modelo de negocio, dando énfasis en su enfoque ambiental y en los beneficios brindados. Para la formulación de las preguntas se utiliza un lenguaje coloquial, de manera que los entrevistados se sientan en confianza y puedan expresar una opinión sincera. Las preguntas se encuentran a continuación:

- ¿Se encuentran interesados en el modelo de negocio propuesto?
- ¿Cuánto es el costo actual de su servicio de recolección de parabrisas?
- ¿Estaría dispuesto a pagar 35 mil colones por tonelada de vidrio, es decir, alrededor de ₡3 990 por cada 10 parabrisas recolectados?
- ¿Con qué frecuencia requiere que se realice el servicio de recolección? ¿Mensual, semanal, diario?
- En caso de exista interés, ¿se encuentra de acuerdo con realizar los pagos por medio de transferencia mensual?

Además, se deja un espacio para comentarios, fomentando así el diálogo y contestando las preguntas que surjan.

### 4.4.2 Resultados de entrevista

En la Sección 2.3.1.2, se identifica que el 84% de los EIAs, encuestados inicialmente, se encuentran interesados en el servicio de recolección. Cuando se vuelve a realizar la encuesta, para la etapa de validación, donde se da una descripción más detallada del modelo, solo se obtiene una respuesta negativa. Es decir, el 96% de los clientes correspondientes a las EIAs se encuentran interesados.

Por lo tanto, se demuestra cómo el desarrollo de la propuesta de negocio tiene un efecto positivo en los potenciales clientes, aumentado su interés por acceder a este servicio. Esto se refleja en dos clientes específicos, DecoCar y Vidrio Car, los cuales cambian su respuesta inicial.

En el caso de la pregunta, ¿cuál es el costo actual del su servicio de recolección de parabrisas?, los resultados obtenidos se muestran en la Figura 53. El mayor porcentaje de los clientes cancelan alrededor de ¢30 000 por tonelada. No obstante, cuando se presenta el precio ofrecido por Recovil, ¢35 000 por tonelada, estos se muestran de acuerdo, resaltando así la importancia de que sean reconocidos de alguna manera por contar con este servicio.

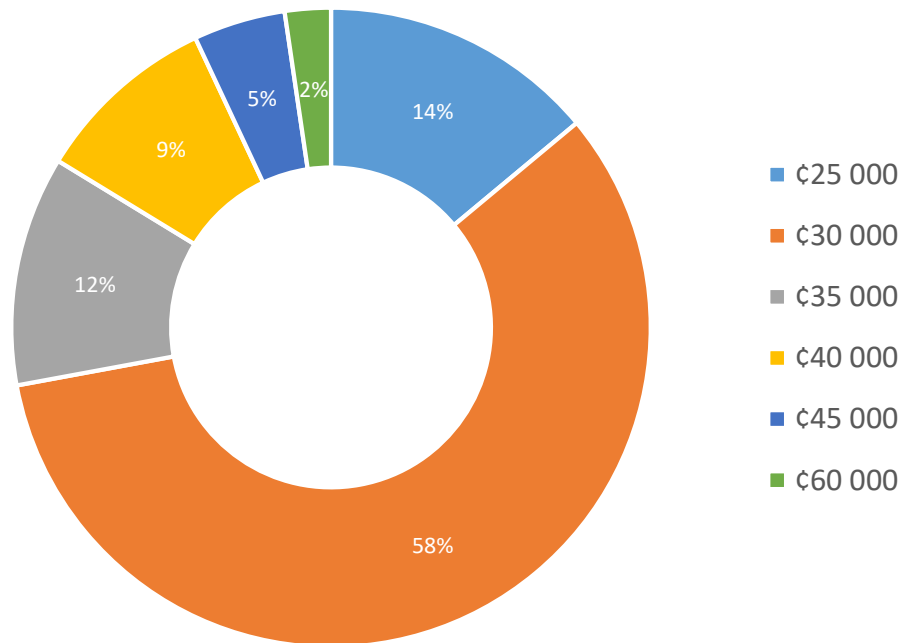


Figura 53. Variación del precio actual del servicio de recolección de los clientes potenciales.

Debido a que la mayor parte de los talleres de enderezado y pintura desechan alrededor de 10 parabrisas por mes, su costo de servicio de recolección mensual es de ¢ 3 990, siendo este un número atractivo para los clientes.

En el caso de la frecuencia con la que se requiere que se realice el servicio de recolección, el 100% de los talleres de enderezado y pintura responde que mensualmente. En el caso de las EIAs, las empresas que generan un mayor residuo prefieren que este se haga al menos cada 15 días.

Debido a que en el diseño de rutas propuesto se presenta que algunos de estas deben realizarse con una mayor frecuencia, cuando se consulta a los clientes involucrados en estas rutas, estos no muestran inconvenientes, a pesar de que responden inicialmente que requieren que el servicio sea dado mensualmente. En estos casos se resalta que, debido a que el servicio se cobra por toneladas de material recolectado, al aumentar la frecuencia de recolección, no existe un aumento del precio por el servicio.

Respecto a la pregunta del modo de pago, el 100% de los interesados se encuentran de acuerdo en realizarlo mensualmente, ya que este es principal forma de pago para diferentes proveedores.

Acerca del reconocimiento de contar con un servicio ecológico, el 100% muestra interés, siendo esta última la que genera una mayor conversación al reconocer que esta es una manera para ellos de atraer clientes y diferenciarse en el mercado.

Una vez que se conoce el aporte ambiental que se obtiene por medio del modelo de negocio planteado, así como el interés por parte de los clientes del servicio de recolección de recibir un comprobante que respalde su esfuerzo por buscar alternativas amigables con el ambiente, se diseña el certificado que se muestra en la Figura 54.



Figura 54. Certificado de entrega de vidrio laminado para clientes del servicio de recolección.

En este se rescata la disminución de kilogramos de CO<sub>2</sub> equivalente, de acuerdo con los resultados de 4.3.6, con el objetivo de concientizar a los clientes sobre el impacto generado al ambiente al entregar sus residuos de vidrio lamiando a Recovil. Como se menciona en la Sección 2.5.2.2, este certificado está registrado con la identificación que respalda a la empresa como gestor autorizado de residuos, el cual no tiene costo alguno asociado.

## 4.5 Análisis de viabilidad económica

Con el fin de conocer la situación económica y financiera a la cual se enfrenta la empresa se debe desarrollar un análisis e interpretación de informes financieros en los cuales se debe tomar en cuenta aspectos cuantitativos y cualitativos de la misma. La información obtenida es de utilidad tanto para que los potenciales inversionistas puedan determinar si desean adquirir acciones según la distribución de utilidades o dividendos, como para que las entidades gubernamentales logren controlar y supervisar a la empresa (Salas, 2012).

### 4.5.1 Estado de resultados

Para iniciar el estudio de viabilidad financiera, primeramente se debe efectuar el estado de resultados. El mismo consiste en un análisis de los ingresos y los costos en los que incurre la empresa con el fin de determinar si se es posible llegar a generar utilidades (Salas, 2012).

#### 4.5.1.1 Ingresos

Para la proyección de los ingresos que obtiene la empresa, se toman inicialmente los datos del análisis de demanda efectuado, en el cual se identifica que, para el servicio de recolección se considera una demanda de aproximadamente 3099 parabrisas al mes, es decir 35 327 toneladas en el primer año. Para los años posteriores, se considera como tasa de crecimiento, el aumento de accidentes de tránsito que se ha presentado en los últimos 5 años, el cual es de aproximadamente 20% por año (Barquero, 2018).

En lo que respecta a la demanda de los productos obtenidos del proceso de transformación, se toman, de igual manera, la información del análisis de demanda. De acuerdo con la misma, para el PVB se considera Grupo Sur como único comprador, el cual presenta una demanda equivalente al 96% del material disponible, es decir 44,86 toneladas en total el primer año. Por otro lado, para el vidrio pulverizado, Concretera Nacional y Productos de Concreto se identifican como los potenciales consumidores del mismo. Estos tienen una demanda agregada que representa el 100% del material obtenido del proceso. Sin embargo, la distribución no es homogénea ya que Productos de Concreto únicamente constituye un 25% de la demanda total, mientras que Concretera Nacional representa el 75% restante, es decir 105,14 y 315,42 toneladas para el primer año respectivamente. De esta manera, de acuerdo con el volumen de material conseguido para producción y las proporciones de consumo indicadas por los compradores, se calcula la demanda para cada uno de los productos obtenidos.

Para lo que corresponde al precio, en primera instancia se calcula para el vidrio pulverizado. En este caso, se toma el precio promedio del material que se busca sustituir, el cual, en este caso, consiste en cemento. Seguidamente se homologan las unidades y se coloca un precio equivalente al 110% del mismo. Esto debido a que se indica por los compradores finales que existe una disposición de pagar un adicional de 10% dado al valor ambiental agregado al producto provisto. De esta manera se obtiene un precio por saco de aproximadamente 47 900 colones, como se observa en la ecuación [ 1 ], lo cual equivale a 52,20 colones por kilogramo.

$$\frac{\text{¢}2400}{1 \text{ saco}_{\text{cemento}}} \left( \frac{1 \text{ saco}_{\text{cemento}}}{50 \text{ kg}} \right) \left( \frac{907,185 \text{ kg}}{1 \text{ ton}} \right) \left( \frac{1 \text{ ton}}{1 \text{ saco}_{\text{vidrio}}} \right) \times 110\% = \frac{\text{¢}47\,899,37}{\text{saco}_{\text{vidrio}}} \quad [1]$$

Por otra parte, para el PVB, se considera como base el precio promedio en el mercado por un kilogramo de resina de PVB virgen. De igual manera que en el caso del vidrio, se igualan las unidades de medida con la presentación con la cual se introducirá el producto al mercado y se le aplica el 70%. Esto último debido a que, dado que es un producto reciclado, su calidad se ve afectada de forma tal que, aunque se efectúa todo el proceso correspondiente para su tratamiento, no se alcanza la misma pureza que la de un producto 100% nuevo. De esta forma se obtiene un precio de aproximadamente 49 300 colones por cubeta de PVB como se indica en la ecuación [ 2 ].

$$\frac{\text{¢}3\,480}{1 \text{ kg}_{\text{PVB virgen}}} \left( \frac{20,23 \text{ kg}}{1 \text{ cubeta}_{\text{PVB reciclado}}} \right) \times 70\% = \frac{\text{¢}49\,282,23}{\text{cubeta}_{\text{PVB reciclado}}} \quad [2]$$

Una vez obtenidos los precios de ambos productos, éstos son presentados ante los clientes potenciales con el fin de conocer su opinión acerca de los mismos, la cual resulta ser positiva. Por consiguiente, los precios propuestos se establecen como los definitivos. Cabe destacar que, para los años posteriores de fabricación, los precios contemplan la inflación correspondiente la cual consiste en aproximadamente un 3% anual de acuerdo con el Banco Central de Costa Rica (2018).

Por último, para el precio del servicio de recolección, se toma de referencia la información obtenida de los resultados de la encuesta aplicada para la medición de la aceptación de la idea de negocio. En ésta, los resultados obtenidos muestran que el precio promedio que los clientes potenciales estarían dispuestos a pagar es de aproximadamente 35 000 colones por tonelada, de forma que el mismo se define como el precio establecido. De igual manera que en el caso de los productos finales, a este precio le es aplicado la inflación para los años siguientes.

Una vez definidos los valores para la demanda y el precio de los bienes y servicios ofrecidos, se realiza el cálculo de ingresos totales para los periodos correspondientes a los primeros diez años de operación de la empresa, los cuales suman un total de 4 225 millones de colones (Apéndice 11).

#### 4.5.1.2 Costos variables

Para el cálculo de los costos variables en los que incurre la empresa, se consideran los insumos requeridos para la producción de los bienes a comercializar; estos consisten en etanol, sacos y cubetas. En lo que respecta al material de empaque, el costo por cada unidad producida es equivalente al precio individual de cada recipiente y etiqueta. Sin embargo, para la materia prima, la cual en el presente caso únicamente contempla el etanol, se debe calcular la cantidad de tambores a consumir de acuerdo con la solubilidad del polímero y el volumen de producción que se lleve a cabo. De acuerdo con lo anterior, el consumo de etanol por cubeta se obtiene de la manera indicada en la ecuación [ 3 ].



$$\left(\frac{1 \text{ tambor}}{200 \text{ l}}\right) \left(\frac{1 \text{ l}}{1000 \text{ ml}}\right) \left(\frac{3 \text{ ml}}{1 \text{ g}}\right) \left(\frac{1000 \text{ g}}{1 \text{ kg}}\right) \left(\frac{20,23 \text{ kg}}{1 \text{ cubeta}}\right) = \frac{0,303 \text{ tambores}}{\text{cubeta}} \quad [3]$$

De acuerdo con toda la información obtenida, relacionada con los ingresos y los costos proyectados para la empresa, se obtiene el estado de resultados presente en el Apéndice 10 y Apéndice 11.

#### 4.5.2 Flujos de efectivo

El flujo de efectivo consiste en una herramienta utilizada para calcular la capacidad de liquidez con la que cuenta una empresa con el objetivo de identificar si es posible cumplir con sus obligaciones a corto plazo. Para ello proporciona datos específicos sobre los ingresos y movimientos de la caja, con el fin de ilustrar la cantidad de efectivo generado por el negocio durante un período determinado y ayuda a la gerencia a comprender hacia donde se mueve el dinero de la empresa (DaSilva, 2018).

El estado de flujo de efectivo consta de tres secciones principales: actividades operativas, de inversión y de financiamiento, las cuales se detallan a continuación (DaSilva, 2018).

##### 4.5.2.1 Actividades operativas

Primeramente se cuenta con las actividades operativas. Este componente tiene como objetivo identificar el efectivo recibido y utilizado para los procesos cotidianos de la empresa. Para ello se deben considerar todos los flujos basados en efectivo, incluyendo ingresos y costos. Por consiguiente, se hace uso del estado de resultados desarrollado previamente. Con el mismo se identifica el margen de contribución bruto (DaSilva, 2018).

Cabe destacar que, para obtener los flujos operativos, es necesario incluir los gastos fijos. Estos consisten en los que la empresa debe pagar independientemente de su nivel de operación (Dicelver, 2019). Entre éstos se toman en cuenta el alquiler de las instalaciones, los servicios básicos, los materiales auxiliares, los costos asociados a la flotilla y el recurso humano. Para el cálculo de los mismos, se utilizan los precios obtenidos de las cotizaciones realizadas para cada apartado en la fase de diseño, resultando en un total 5 204 851,73 colones mensuales, como se muestra en la Tabla 62. De acuerdo con lo anterior, el flujo operativo se calcula según la ecuación [ 4 ].

Tabla 62 Costos fijos desglosados por categoría.

Rubro	Monto	Porcentaje
<b>Materiales auxiliares</b>	¢83 474,00	1,6%
<b>Servicios básicos</b>	¢462 029,58	8,7%
<b>Recurso humano</b>	¢2 687 680,15	50,7%
<b>Flotilla</b>	¢115 668,00	2,2%
<b>Instalaciones</b>	¢1 952 000,00	36,8%
<b>TOTAL</b>	¢5 300 851,73	1,6%

$$\text{Flujo operativo} = \left( \sum \text{Ingresos} - \sum \text{Costos variables} \right) - \sum \text{Costos fijos} \quad [4]$$

#### 4.5.2.2 Actividades de inversión

La segunda sección del flujo de efectivo corresponde a las actividades de inversión de la empresa. Toda compra o venta de bienes, equipos y plantas debe estar plasmada en esta sección. En estas se considera la cuenta de inversiones a largo plazo, los vehículos, las cuentas de bienes de equipo, terrenos y edificios. Por consiguiente, cualquier egreso en el que se haya incurrido con el propósito de generar ingresos debe ser incluido en esta sección.

De esta manera, lo primero que se incluye en esta sección es la inversión inicial que debe llevarse a cabo. La misma se compone de la compra de maquinaria, equipo, mobiliario, flotilla y equipo de limpieza. Adicionalmente, se considera el pago del servicio relacionado al diseño de la marca y el logotipo de la empresa, de forma tal que se obtiene un total de 38 809 984,40 colones el cual se detalla en la Tabla 63.

Tabla 63. Inversión inicial desglosada por categoría.

Rubro	Monto	Porcentaje
<b>Maquinaria</b>	₡ 20 412 769,40	52,6%
<b>Equipo</b>	₡ 939 970,00	2,4%
<b>Mobiliario</b>	₡ 1 325 100,00	3,4%
<b>Limpieza</b>	₡ 66 145,00	0,2%
<b>Flotilla</b>	₡ 15 950 000,00	41,1%
<b>Marca</b>	₡ 116 000,00	0,3%

Por otro lado, se debe contemplar el capital de trabajo como parte del efectivo requerido en el primer periodo. Este consiste en los recursos necesarios para que la empresa pueda iniciar sus operaciones, incluyendo insumos, materia prima y mano de obra; considerando que la empresa no genera ingresos desde el día en que inicia sus actividades productivas (García L. , 2018). Para el modelo de negocio planteado, se considera un capital de trabajo capaz de cubrir los gastos fijos equivalentes a seis meses de operación, con el fin de acondicionar las instalaciones e iniciar el proceso productivo para colocar los bienes y servicios a ofrecer en el mercado; esto equivale a un total de 31 229 110,37 colones.

Una vez que se cuenta con todos los elementos anteriores, se debe calcular el impuesto de la renta a cancelar por la empresa. El mismo consiste en un gravamen aplicado a los ingresos y utilidades de las personas físicas y jurídicas (Abissi, 2018). Para determinar la carga tributaria que debe ser cubierta, se utiliza como escudo fiscal la depreciación, cuyo cálculo se muestra en la Tabla 64; en esta, los valores mostrados se extraen de las especificaciones técnicas de los equipos. Este constituye a un medio de reducción adicional de la base gravable por encima de los gastos indispensables para generar utilidades; sin embargo, los mismos son permitidos de manera expresa por la legislación con el fin de promover

conductas normalmente conocidas como parafiscales (Camacho, 2010). Para estos efectos, la depreciación debe ser descontada antes del cálculo de utilidad neta antes de impuestos (UNAI), a la cual se le aplica un 30% para obtener el valor del impuesto a cubrir y el cual es sustraído de la utilidad. De esta manera se consigue el valor de utilidad neta después de impuestos (UNDI), al cual se le vuelve a agregar el valor de depreciación, debido a que el mismo no representa una verdadera salida de efectivo. Por lo tanto, el valor resultante de las operaciones anteriores representa el flujo neto de efectivo (FNE) del proyecto. En resumen, el valor correspondiente al flujo neto de efectivo del proyecto se obtiene de la forma indicada en las ecuaciones [ 5 ], [ 6 ], [ 7 ] y [ 8 ].

Tabla 64. Cálculo de depreciación de maquinaria, equipo y mobiliario.

Partida	Vida Útil	Costo	Depreciación Anual	Valor en Libros a 5 años	Valor en Libros a 10 años
<b>Equipo y mobiliario</b>	5	¢ 2 265 070	¢ 453 014,00	¢ -	¢ -
<b>Maquinaria</b>	15	¢ 20 412 769	¢ 1 360 851,29	¢ 13 608 512,93	¢ 6 804 256,47
<b>Flotilla</b>	10	¢ 15 950 000	¢ 1 595 000,00	¢ 7 975 000,00	¢ -

$$UNAI = \text{Flujo operativo} - \text{Depreciación} \quad [5]$$

$$\text{Impuesto} = UNAI \times 30\% \quad [6]$$

$$UNDI = UNAI - \text{Impuesto} \quad [7]$$

$$FNE_{\text{proyecto}} = UNDI + \text{Depreciación} \quad [8]$$

#### 4.5.2.3 Actividades de financiamiento

La última sección del estado de flujo de caja corresponde a la información de las actividades de financiación de la empresa. Estas actividades incluyen los préstamos, amortizaciones, intereses y el pago de dividendos (DaSilva, 2018). Para efectos del proyecto, inicialmente se debe realizar la distribución de los montos de inversión con el fin de definir la proporción que debe ser financiada. Dado el alto valor que se debe cubrir para iniciar las operaciones, se considera como cantidad a financiar el 80% de la suma total, es decir 56 031 275,81 colones.

#### 4.5.2.4 Opciones de financiamiento verde

Para el proyecto se busca identificar cuál opción de financiamiento representa la mejor alternativa para el modelo de negocio planteado. Por consiguiente se realiza una búsqueda de programas dirigidos

específicamente a proyectos de carácter ambiental. Esto con el fin de contar con tasas de interés preferenciales respecto a los créditos tradicionales, menores comisiones de formalización, asesoría y seguimiento son parte de las opciones disponibles para financiar la adquisición de vivienda, negocios de las pymes, y compra de vehículos ecológicos (Marín, 2018).

En general, a nivel nacional se encuentran seis bancos que disponen al público este tipo de créditos, estos son: Banco Nacional, Banco Popular, Bac Credomatic, Banco Promérica, Banco de Costa Rica y Grupo Mutual. Sin embargo, este último cuenta con alternativas únicamente dirigidas a créditos de vivienda y no al ámbito empresarial (Marín, 2018).

#### Banco Nacional de Costa Rica

Para empresas ambientales, el Banco Nacional ofrece el programa BN Pyme Verde. Éste busca incentivar a las micros, pequeñas y medianas empresas a poner en marcha inversiones orientadas a la prevención, control, mitigación y compensación de los efectos negativos ocasionados al ambiente por las actividades de empresas productoras de bienes y servicios (Delgado, 2018).

Como objetivo principal, este programa promueve la conciencia ambiental acompañada de buenas prácticas, como el aprovechamiento de una oportunidad de negocio o crecimiento empresarial. Las condiciones y términos para el financiamiento están en función de las características del plan de inversión objeto del crédito. Este financiamiento apoya a todas las actividades productivas enfocadas a eficiencia energética, generación energías renovables, tecnologías de prevención y control, sustitución de productos químicos por orgánicos, tratamiento de aguas, ecoturismo, tecnologías para reducción de emisiones, manejo de residuos, entre otros (Delgado, 2018).

#### Banco Popular

El Banco Popular cuenta con una línea de créditos verdes, con condiciones especiales principalmente por el hecho de establecerse como meta conseguir la carbono neutralidad para el 2020. Por consiguiente, el mismo se encarga de la administración de Fodemipyme, creado por la Ley 8262 y a partir de él, también ofrece soluciones a varias empresas cuyo enfoque es el tema ambiental (Flores, 2016).

Eco Crédito representa una de las opciones principales que ofrece el Banco Popular. Éste permite acceder al financiamiento de planes de inversión amigables con el medio ambiente. La garantía a solicitar es un pagaré con o sin fiadores según perfil del cliente o garantía hipotecaria hasta un 80% del valor total del avalúo, a un plazo de 144 meses. El monto máximo es de hasta \$60 000 con garantía hipotecaria. (Marín, 2018).

#### Bac Credomatic

Por su parte, Bac Credomatic cuenta con el programa Greenpymes, que financia a aquellas pequeñas y medianas empresas interesadas en desarrollar proyectos de carácter ambiental para mejorar su negocio y contribuir con el medio ambiente. Los montos que cubre el programa varían entre \$10 000 y \$1 millón con un plazo máximo es de 10 años. Cabe destacar que para participar se exige garantía prendaria,

fiduciaria o aval y la tasa de interés que se establece es preferencial al tratarse de proyectos verdes (Pymes El Financiero, 2015).

#### Banco Promérica

El Banco Promérica, a partir del desarrollo de la Cumbre de París, ha llevado a cabo un movimiento hacia el compromiso con la lucha contra el cambio climático. Por consiguiente, han implementado un programa con el fin de ofrecer, de la mano de su política de responsabilidad social empresarial ambiental, una línea de créditos para obtener activos verdes (Chavarría, 2016).

Con la Línea de Créditos Verdes, Banco Promérica busca financiar la inversión en eficiencia energética, energía renovable y la reducción de impacto ambiental en general. De esta manera, buscan alcanzar la meta de que generen un ahorro mínimo del 20% en consumo de recursos y la reducción de las emisiones de CO<sub>2</sub> (Chavarría, 2016).

#### Banco de Costa Rica

El Banco de Costa Rica cuenta con una línea para pequeñas y medianas empresas, cuyo objetivo principal es impulsar el desarrollo de pequeños proyectos o inversiones que promuevan la eficiencia energética, la energía renovable y otras medidas ambientales. Para las alternativas propuestas se cuenta con un beneficio llamativo el cual consiste en el rebajo de 50 puntos base sobre el plus que se cobra respecto a la tasa básica pasiva, según lo indicado por Luis Feoli, gerente de Productos y Servicios del Banco de Costa Rica (González, 2014).

Teniendo en cuenta todas las alternativas anteriores, se realiza una cotización en cada una de las entidades indicadas. De acuerdo con la información provista por cada uno, se identifica como la mejor opción el Banco Nacional de Costa Rica. Esto debido a que una vez que se conversara con agentes de cada uno, el Banco Nacional se destaca primeramente por la capacidad de proveer el monto y plazo requerido. Adicionalmente, el banco ofrece la opción de acompañamiento para pequeñas y medianas empresas con el fin de asegurar que las mismas alcancen una buena gestión financiera. También cuenta con atractivas garantías parciales y una diferenciación en la tasa de interés la cual para el proyecto presentado, por las condiciones y características del mismo, se establece en 12,5% para un periodo de 10 años.

#### 4.5.2.5 Dividendos

El dividendo consiste en el beneficio destinado a repartirse entre los accionistas de una compañía. De esta forma, representa la remuneración que recibe el accionista por ser propietario de la sociedad. La cantidad es dependiente de acuerdo con los resultados anuales que la empresa ha obtenido. Cabe destacar que el valor a costear es propuesto al personal de administración para su aprobación ante la dirección y puede ser de bruto, neto, a cuenta, extraordinario, complementario o algún otro tipo (Finanzas.com, 2013).

### 4.5.3 Indicadores de rentabilidad

Con el fin de conocerse efectivamente el proyecto es capaz de generar beneficios a través de los fondos propios disponibles o del activo total con el que cuenta, se debe realizar un análisis de la situación financiera de la organización a través de una serie de indicadores de rentabilidad. Entre éstos, los principales utilizados específicamente para determinar la viabilidad de un proyecto son: valor actual neto, tasa interna de retorno, y el índice de deseabilidad (Restrepo, 2017).

Adicional a los anteriores, se toma en consideración el punto de equilibrio ya que es uno de los elementos centrales; este permite determinar el nivel de ventas requerido para cubrir los costos totales. Para efectos del modelo de negocio propuesto, es de suma importancia, ya que representa una herramienta estratégica clave a la hora de determinar la solvencia de un negocio y su nivel de rentabilidad (Moreno, 2010).

#### 4.5.3.1 Valor Actual Neto

El valor actual neto (VAN) es un indicador financiero el cual se calcula una vez que se miden los flujos netos de efectivo, tomando en cuenta los futuros ingresos y egresos y la inversión inicial, de manera que se identifique si el proyecto es viable. Para obtener el valor correspondiente al VAN, se utiliza la ecuación [ 9 ], donde  $i$  y  $n$  corresponden a la tasa de interés y al horizonte de evaluación respectivamente (Molina, 2017).

$$VAN = Inversión\ inicial + \sum_{j=1}^n \frac{FNE}{(1+i)^j} \quad [9]$$

Una vez realizado el cálculo, es posible concluir con respecto al valor obtenido. En caso de que el VAN sea menor a cero, se determina que el proyecto no es rentable. Esto debido a que este resultado indicaría que la inversión inicial es mayor al FNE. En caso de que el resultado del VAN sea igual a cero, se supone que el proyecto incorpora, por lo menos, la ganancia de la tasa de interés. Por último, si el VAN es mayor a cero el proyecto se considera que éste es rentable ya que se genera un beneficio adicional (Molina, 2017).

Para el modelo de negocio propuesto, se calculan dos valores asociados al VAN. El primero consiste en el VAN del proyecto el cual no hace separación entre el monto financiado y el monto cubierto con el recurso propio. Por otro lado, para conocer la viabilidad del proyecto, considerando la cobertura del financiamiento en el que se incurre para cubrir los costos de operación iniciales. En lo que respecta al VAN del proyecto se obtiene un resultado de 222 364 340,30 colones, mientras que para el recurso propio se cuenta con un VAN de 28 195 364,04 colones. Por lo anterior, se considera que el proyecto efectivamente es rentable, aun cubriendo el financiamiento requerido.

#### 4.5.3.2 Tasa Interna de Retorno

La tasa interna de retorno (TIR) representa la rentabilidad promedio que regresa un determinado proyecto durante su vida. Para obtener el valor asociado a la TIR de un proyecto se hace uso de la ecuación [ 10 ] en

la cual se identifica como la TIR consiste en el valor de la tasa de interés con el que el VAN alcanzaría un valor de cero. Esto con el fin de determinar el valor máximo que puede alcanzar la tasa de interés sin que el proyecto incurra en pérdidas (Reyes, 2019).

$$0 = \sum_{j=1}^n \frac{FNE}{(1 + TIR)^j} \quad [10]$$

*De igual manera que en el cálculo del VAN, se debe obtener el valor de TIR asociado tanto al proyecto en general como al recurso propio invertido en el mismo. De esta manera se obtienen como resultados 37,63% y 44,70%. Como se observa, en el caso de la TIR, el valor para el recurso propio es mayor que el del proyecto en general. Esto se debe a que, como se muestra en los Apéndice 12 y*

Apéndice 13, para el caso del proyecto, únicamente se cuenta con dos períodos en los cuales el FNE tiene un valor negativo. Por otro lado, en lo que respecta al recurso propio, los primeros tres periodos presentan un FNE negativo, lo cual provoca un aumento en el valor de la TIR (Riquelme, La Tasa Interna De Retorno – TIR, 2013).

#### 4.5.3.3 Índice de deseabilidad

El índice de deseabilidad se conoce como el índice de beneficio/costo y representa un complemento del valor actual neto. Este consiste en una medida relativa del rendimiento del proyecto y, a diferencia del VAN, expresa en términos absolutos la contribución económica del proyecto al patrimonio de la empresa (Jiménez, Espinoza, & Fonseca, 2007). Este se obtiene por medio de la ecuación [ 11 ], de la cual se obtiene un valor de 3,25 para el proyecto y de 2,17 para el recurso propio.

$$\text{Índice de deseabilidad} = \frac{VAN}{\text{Inversión inicial}} \quad [11]$$

#### 4.5.3.4 Punto de equilibrio

Por último, se calcula el punto de equilibrio el cual es aquel punto de actividad en donde los ingresos son iguales a los costos, es decir, es el punto de actividad en donde no existe utilidad ni pérdida (Salas, 2012). Para calcular su valor, se debe igualar los flujos operativos a cero, de forma tal que el precio de venta unitario (PVU), tanto para el servicio de recolección (SR) como para la venta de vidrio pulverizado (VP) y de PVB, y el costo variable unitario (CVU), se coloquen en función de la variable de cantidad de unidades o, en el caso del modelo de negocio propuesto, toneladas de vidrio laminado recolectado (Q), tal como se muestra en la ecuación [ 12 ].

$$PVU_{SR} \times Q + [PVU_{VP} \times Q - CVU_{VP} \times Q] + [PVU_{PVB} \times Q - CVU_{PVB} \times Q] - CF = 0 \quad [12]$$

Por medio de la misma se logra determinar un punto de equilibrio equivalente a 505 toneladas, es decir que, para no incurrir en pérdida, se debe lograr recolectar por lo menos 505 toneladas de parabrisas por año.

#### 4.5.4 Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad ilustra la variación en el valor del proyecto ante cambios en alguna de sus variables clave, manteniendo el valor de las demás constante. Por lo anterior, este análisis se hace una variable a la vez y supone que entre las mismas no existe relación que ocasione una influencia cruzada. El primer paso para realizar este análisis consiste en identificar las principales variables que afectan el valor del proyecto y que están fuera del control de la empresa (Reyes, 2018).

En el caso del modelo de negocio propuesto, existen tres variables externas capaces de provocar un impacto en el VAN del proyecto las cuales son: tipo de cambio del dólar, precio de la electricidad y tasa de crecimiento de accidentes automovilísticos.

##### 4.5.4.1 Tipo de cambio

En lo que respecta al tipo de cambio del dólar, éste es de gran importancia debido a que el precio de los tres materiales utilizados en el proceso productivo se encuentra en dólares de forma tal que, si el valor de esta moneda sufriera de algún cambio repentino, la empresa se vería sumamente afectada. Por lo anterior, se calcula el VAN del recurso propio variando el tipo de cambio cuyo resultado se grafica en la Figura 55.

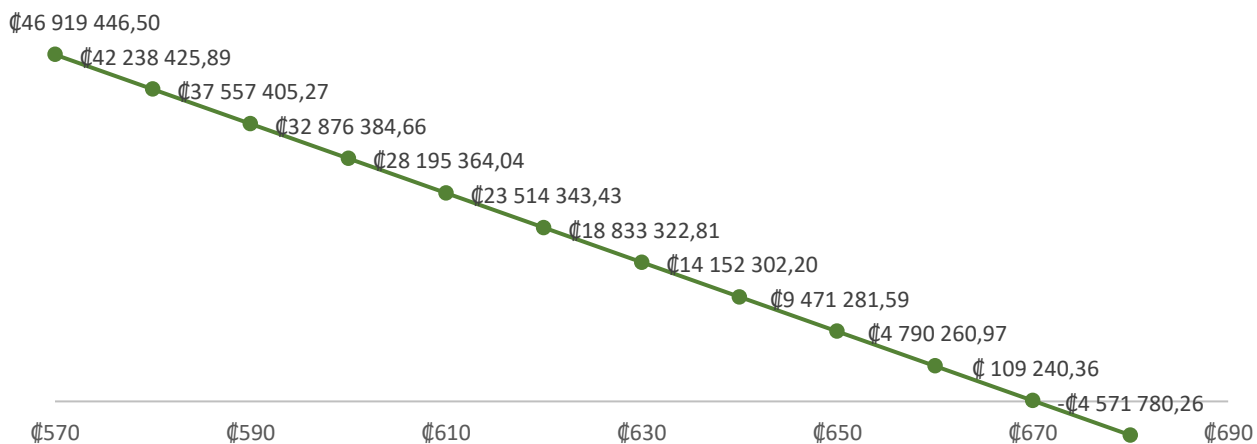


Figura 55. Variación en el VAN del recurso propio con respecto al tipo de cambio del dólar.



De acuerdo con la información se identifica como el valor del VAN de recurso propio es inversamente proporcional al tipo de cambio del dólar y si este alcanzara un valor cercano a los 680 colones, el patrimonio de la empresa se vería afectado incurriendo en pérdidas.

#### 4.5.4.2 Precio de electricidad

De igual manera que en el caso del tipo de cambio del dólar, para el precio de la electricidad se realiza el cálculo del nivel de afectación que tendría el VAN si éste sufriera algún tipo de variación. Esto debido a que, por la maquinaria requerida para el proceso de transformación, el consumo de electricidad de la empresa es considerablemente alto, de forma tal que existe cierta dependencia del costo de la misma. Para ilustrar la variación del VAN con respecto al costo de electricidad, se construye la Figura 56 en la cual se identifica cómo, al alcanzar un 500% del costo actual, la empresa dejaría de ser rentable con un VAN asociado al recurso propio de -46 595 colones.

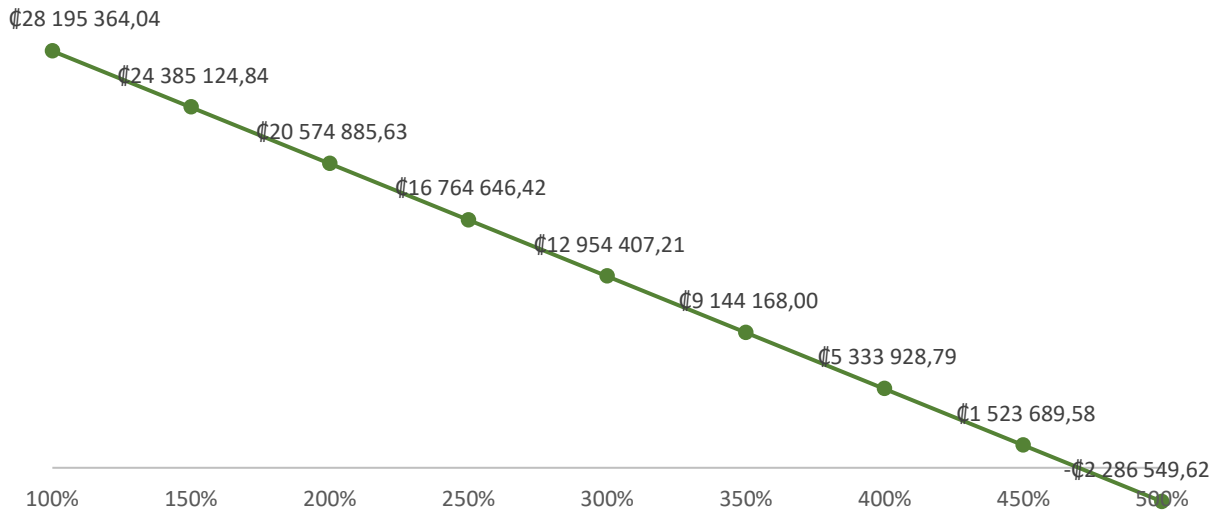


Figura 56. Variación en el VAN del recurso propio con respecto al costo de electricidad.

De esta manera se identifica como, aunque el VAN efectivamente varía de acuerdo con los valores asociados a las dos variables críticas, se requeriría alcanzar situaciones sumamente drásticas para que la empresa incurra en pérdidas.

#### 4.5.4.3 Tasa de crecimiento de accidentes automovilísticos

Como última variable a considerar en el análisis de sensibilidad está la tasa de crecimiento de accidentes automovilísticos, la cual es la de mayor impacto. Esto debido a que la misma define el comportamiento de la demanda del servicio de recolección y, por consiguiente, la disponibilidad de material para elaborar los productos finales a comercializar. Actualmente, por la tendencia que se ha proyectado en los últimos seis años, se considera una tasa de crecimiento del 20% para el estudio, sin embargo, en la Figura 57, se

identifica como al disminuir esta tasa al 14% la empresa se encontraría en un escenario desfavorable, ya que el VAN pasaría a ser negativo.

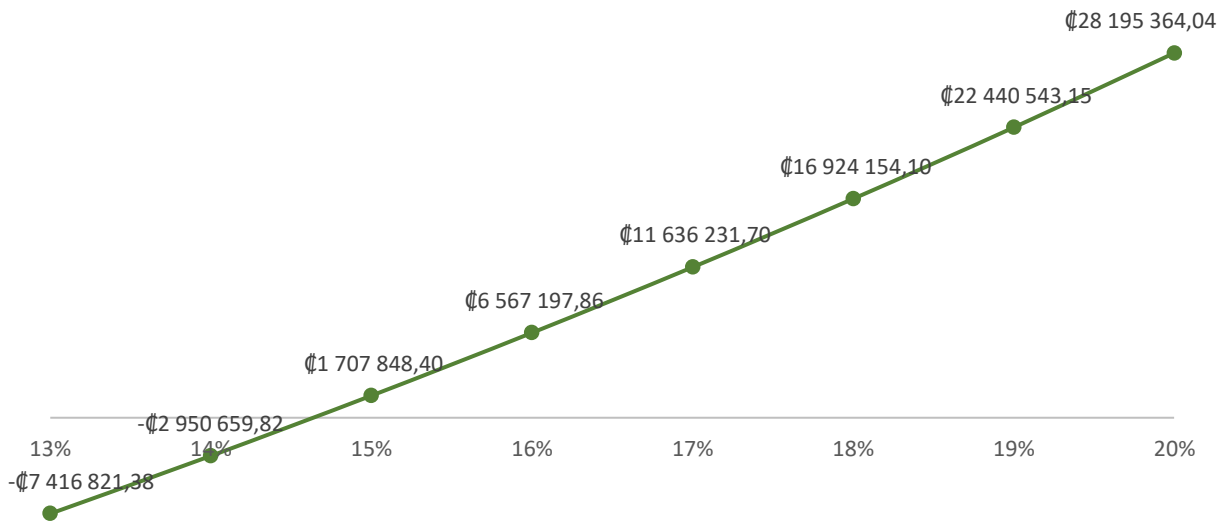


Figura 57. Variación en el VAN del recurso propio con respecto a la tasa de crecimiento de accidentes automovilísticos.

#### 4.6 Análisis de riesgo

Por definición, un riesgo es un evento incierto que en el caso de ocurrir tendrá un impacto negativo o positivo en el proyecto. Los riesgos negativos se consideran amenazas y los riesgos con impacto positivo se consideran oportunidades. Para las empresas siempre van a existir situaciones en las que se enfrenten con riesgos. Por lo tanto, se debe asegurar que cada organización cuente con sistemas y procesos que les permitan un apropiado manejo de éstos (Pérez, 2016).

Para ello es necesario, inicialmente, realizar una correcta identificación de los riesgos que existen para el proyecto. Esto se logra por medio del análisis de los procesos que se llevan a cabo en la empresa, con el fin de desagregar los componentes de los mismos y encontrar las fallas potenciales que existen dentro de esta (Pérez, 2016). Una herramienta muy útil y sencilla para el desarrollo de esta etapa es AMFE. El mismo se lleva a cabo en el Capítulo 3, de donde se logra ubicar cinco fallas potenciales, mostradas en la Tabla 65, las cuales cuentan con varias causas asociadas y que se toman en cuenta para el análisis cualitativo.

Tabla 65. Fallas potenciales a tomar en el análisis cualitativo de riesgos.

Número	Riesgo potencial	Severidad	Ocurrencia
1	Trozos de vidrio adheridos al PVB	9	2
2	Remanente de impurezas al PVB	8	4
3	Partículas suspendidas	9	2
4	Trozos con nivel de granulometría incorrecto	7	6
5	Remanente de plástico en el vidrio molido	9	8

Una vez identificados los riesgos potenciales del proyecto, se deben clasificar. Esto se busca por medio de un código de colores, con el fin de definir su prioridad y posible nivel de impacto (Pérez, 2016). Para ello se hace uso de la matriz de riesgo la cual ilustra la posición de las fallas potenciales identificadas según su probabilidad de ocurrencia y la severidad de las consecuencias si se incurriera en la misma. En el caso del modelo de negocio planteado, la matriz de riesgos corresponde a la mostrada en la Figura 58.

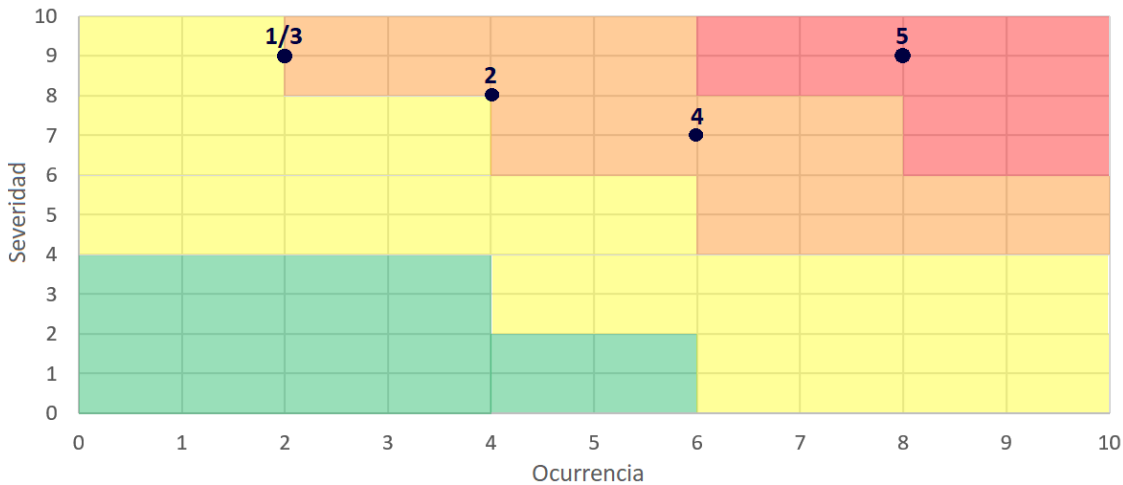


Figura 58. Matriz de riesgos según las fallas potenciales identificadas en el AMFE.

En el caso de las fallas correspondientes a trozos de vidrio adheridos al PVB y partículas de PVB suspendidas luego de la homogenización, las cuales, a pesar de su alta severidad, representan una amenaza entre media y alta debido a que su probabilidad de ocurrencia es baja. De igual forma, el remanente de impurezas en el PVB se encuentra justo en el límite entre riesgo bajo y medio. Por consiguiente, las tres fallas potenciales deben ser monitoreadas con el fin de asegurar que no se incurra en ninguna eventualidad por las mismas. Cabe destacar que éstas surgen de procesos automatizados de forma tal que se busca tanto evitar cualquier peligro, facilitar el proceso productivo y aumentar la calidad del producto final.

En lo que respecta al vidrio molido, la falla identificada presenta un riesgo alto debido a que, aunque la severidad de su acontecimiento es menor a las anteriores, existe una mayor posibilidad de que se dé. El volumen del vidrio es nueve veces el volumen del PVB de manera que las inspecciones correspondientes representan un esfuerzo y un nivel de complejidad mayor. Por último se tiene que el remanente de plástico representa el riesgo de mayor nivel. Esto ya que ambos materiales se obtienen adheridos y, en particular el PVB, cuenta con un nivel de elasticidad que le permite mantenerse adjunto al vidrio aun cuando el mismo se tritura. Una vez que el PVB se encuentra en procesamiento junto con el vidrio, es de suma dificultad identificar el PVB presente en el lote de producción de vidrio molido. Ambos cuentan con una apariencia brillante, de manera que se asemejan lo suficiente para que el operario no sea capaz de

encontrarlo. Cabe destacar que la severidad en este caso es mayor debido a que las propiedades adhesivas del PVB pueden perjudicar el concreto en el que sea incluido el vidrio molido colocado en el mercado.

#### 4.7 Conclusiones de la fase de validación

- Con el Análisis de Ciclo de Vida, se logra evidenciar que con el proyecto, se obtiene una disminución de 42,76 kg CO<sub>2</sub> equivalente por parabrisas y un total de 132 556 kg CO<sub>2</sub> equivalente, durante un mes en un escenario normal. Esto equivale a las emisiones provocadas por un automóvil que recorre el trayecto de La Cruz de Guanacaste a Paso Canoas 740 veces ida y vuelta.
- Existe una variación positiva en la percepción de los clientes una vez que se les presenta una descripción más detallada y concreta del negocio planteado, de manera que la aceptación de la misma representa un 96%, de los cuales el 100% muestra una flexibilidad de frecuencia tanto de recolección como de pago.
- Dado el valor agregado ambiental del servicio, los clientes entrevistados indican estar interesados tanto en cubrir un adicional en el precio a pagar como en recibir un reconocimiento por su contribución al manejo adecuado de este residuo.
- Para los clientes potenciales se establecen los precios iniciales de 47 900 colones, 49 300 colones y 35 000 colones para la venta del vidrio molido, el PVB y el servicio de recolección respectivamente. Éstos son aprobados por las partes interesadas correspondientes para obtener un ingreso total de 4 225 millones de colones en un periodo de 10 años.
- Los costos variables consisten en el etanol, el envase para el PVB y el saco para el vidrio molido, los cuales de acuerdo con la demanda proyectada resultan en 2 461 millones de colones en total para los 10 primeros años de operación, de manera que se obtiene un margen de contribución de 1 764 millones de colones al finalizar este periodo.
- Los costos fijos se componen principalmente de materiales auxiliares, servicios básicos, el recurso humano, la flotilla y el alquiler de las instalaciones de forma que se obtiene un total de 5 204 851 colones mensuales.
- La inversión inicial consta de equipo, mobiliario, limpieza, flotilla, marca y maquinaria de los cuales la última representa el valor mayor debido a lo especializada que debe ser, obteniendo un valor total de 31 millones de colones.
- Existen varias alternativas de financiamiento que mantienen un enfoque ambiental en distintas entidades bancarias, sin embargo, se identifican mayores beneficios competitivos para el modelo de negocio propuesto en BN Pyme Verde. No obstante, la necesidad de incurrir en un préstamo conlleva a mantener un flujo de efectivo negativo los primeros 3 años de operación.
- Para el proyecto se obtiene un VAN de 222 364 340,30 colones y una TIR de 37,63%, mientras que para el recurso propio el VAN resultante es de 28 195 364,04 colones y una TIR de 44,70%, por lo que el proyecto se considera rentable.
- El cálculo del punto de equilibrio evidencia la rentabilidad del proyecto ya que para el mismo se obtiene un valor de 505 toneladas, cantidad que es superada a partir del segundo año de operación.

- Para el análisis de sensibilidad las variables consideradas son el tipo de cambio del dólar, el precio de la electricidad y la tasa de crecimiento de accidentes automovilísticos, en las cuales se obtiene un VAN negativo a los 690 colones, 500% y 14% respectivamente.
- De las fallas potenciales identificadas en el AMFE, el remanente de plástico en el vidrio molido constituye la de mayor riesgo de forma que debe ser monitoreada y controlada a medida de lo posible.

## Conclusiones

El lienzo que resume la propuesta de valor planteada para el negocio de servicio de recolección, tratamiento y valorización de vidrio laminado se encuentra en el Apéndice 14. A través del proyecto realizado se concluye que:

- Por medio de los ensayos realizados se identifica que, tanto el vidrio como el PVB, pueden ser reinsertados en la industria como sustitutos de compuestos vírgenes.
- Los mercados en los que se planea incursionar no cuentan con competidores directos ya que el reciclaje de vidrio laminado no ha sido desarrollado en el país.
- De los sistemas de transformación, el desarrollado por Centro Tecnológico de Lurederra se acopla mejor a los requerimientos. Al adaptarlo, se obtiene un proceso de cuatro módulos: trituración de vidrio laminado, purificación de PVB, acondicionamiento de PVB y pulverización de vidrio.
- El proyecto contribuye con el Plan Nacional de Descarbonización, esto debido a que se establece una economía circular donde se reinsertan el vidrio pulverizado en la industria del concreto y la resina de PVB en la industria de barniz y pintura, sustituyendo materia prima virgen y logrando una disminución en gases de efecto invernadero, específicamente de 42,76 kg CO<sub>2</sub> equivalente por parabrisas.
- La presentación de información más completa provoca un cambio positivo en la percepción de los clientes, logrando que la aceptación de la idea de negocio incremente de un 84% en la etapa de diagnóstico a un 92% en la etapa de validación.
- El proyecto se considera como un modelo de negocio rentable considerando que el VAN asociado al mismo es de 222 millones de colones. Esto gracias a los márgenes de contribución asociados a los productos y los niveles de demanda proyectados tanto para el servicio como para los productos ofrecidos al mercado.
- Para el modelo planteado, las variables claves para la rentabilidad del negocio son el tipo de cambio del dólar, el precio de la electricidad y la tasa de crecimiento de accidentes automovilísticos, de las cuales la última representa la de mayor impacto con un valor límite de 14% en el cual la empresa pasaría a generar pérdidas.
- De las fallas potenciales identificadas en el AMFE, el remanente de plástico en el vidrio molido constituye la de mayor riesgo de forma que debe ser monitoreada y controlada a medida de lo posible.
- Por medio del estudio legal se identifican todas las legislaciones que rigen el desarrollo de un negocio en territorio costarricense, así como el cumplimiento de la normativa para su funcionamiento por lo que no se considera ninguna barrera legal que impida el desarrollo del negocio.

## Recomendaciones

De acuerdo con los resultados obtenidos a lo largo del desarrollo del modelo de negocio, se identifican ciertos elementos que podrían ser tomados en consideración en futuros proyectos de este tipo. Los mismos se pueden clasificar en distintas categorías las cuales se muestran a continuación.

### Ambientales

- Considerar fuentes renovables de electricidad tal como la energía solar para los procesos productivos con el fin de lograr una mayor innovación e impacto ambiental.
- Recolectar y hacer uso del agua de lluvia de forma que no se incurra en el consumo de agua potable en las actividades industriales que se llevan a cabo en la empresa.

### Financieras

- Estudiar los requerimientos para aplicar para acceder a los fondos no reembolsables del programa de Crecimiento Verde de la Promotora del Comercio Exterior de Costa Rica
- Llevar a cabo un estudio de mayor profundidad para el capital de trabajo con el fin de garantizar la cobertura tanto de los gastos como de los requisitos del financiamiento en los primeros años de operación aun manejando una alta incertidumbre de ingresos.

### Académicas

- Implementar herramientas de software enfocadas en la optimización y análisis en la escuela de Ingeniería Industrial con el fin de asegurar la mejor preparación de profesionales capaces de desarrollarse en un entorno sumamente competitivo y con tecnología de alto nivel.
- Incluir como parte del equipo de trabajo profesionales de distintos campos de estudio de forma que se cuente con distintos puntos de vista capaces de identificar oportunidades, riesgos y prioridades según las distintas aristas del proyecto.

### Metodológicas

- Elaborar un mapeo una vez que la empresa se encuentre en desarrollo que permita definir la secuencia de actividades que compongan, no solo los procesos operativos, sino también los administrativos y auxiliares.
- Realizar un diseño de experimentos con todas las condiciones requeridas para su ejecución con el fin de evaluar el impacto significativo de cada variable y obtener de manera más precisa los valores requeridos para la optimización del proceso.
- Patentar la metodología planteada, por lo menos a nivel nacional, con el fin de asegurar una posición en el mercado de forma que sea posible obtener ventajas competitivas.

## Aspectos a considerar para etapas posteriores

En caso de que se plantee la posibilidad de poner la idea de negocio en práctica, existe una serie de factores que son importantes para buscar que el proceso sea exitoso, entre las cuales se proponen las siguientes:

- Los certificados entregados deben ser apropiadamente registrados de forma que cuenten con una identificación asociada. De esta manera es posible darle trazabilidad al material con el fin de asegurar la correcta disposición del mismo.
- Desarrollar una innovación posterior con el fin de rediseñar la metodología directa utilizada para el modelo de negocio con el fin de incluir sistemas y ciclos nuevos que permitan una constante reinvención de la empresa.
- Se debe asegurar un clima organizacional apropiado que permita mantener una correcta operación de la empresa. Por ello se considera oportuno establecer un sistema de análisis de compensación anual que permita no solo evaluar el desempeño del talento humano sino también renovar los montos pagados a los colaboradores de la empresa.
- Crear una estrategia de evaluación del mercado con el fin de analizar el comportamiento de los accidentes de tránsito y las tendencias emergentes. De esta forma se busca identificar las posibles alternativas incluyendo el vidrio laminado arquitectónico, los vehículos desechados a nivel nacional y la importación de parabrisas a nivel regional.



## Bibliografía

- ABC. (10 de Setiembre de 2017). *ABC Reportajes*. Recuperado el 26 de Junio de 2018, de Descubre cómo eran los primeros parabrisas de la historia: [https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-descubre-como-eran-primeros-parabrisas-historia-201709081622\\_noticia.html](https://www.abc.es/motor/reportajes/abci-descubre-como-eran-primeros-parabrisas-historia-201709081622_noticia.html)
- Abissi, M. (16 de Octubre de 2018). *Renta es el impuesto que más aporta a los ingresos del Estado*. Obtenido de El Financiero: <https://www.elfinancierocr.com/finanzas/renta-es-el-impuesto-que-mas-aporta-a-los-ingresos/ON3PIPKIDRDRFN2T22WBWLTNX4/story/>
- Ajuntament de L'Hospitalet. (21 de Julio de 2009). *Uso del vertedero municipal*. Obtenido de Seu electrònica de l'Ajuntament de L'Hospitalet: <https://seuelectronica.l-h.cat/tramits/detallTramit.aspx?2RriR9s8g5HsI0lp5tyqazAGJ5yZ6Binh3aFbTPLwSL69fldCvYvU35hAqazBqazB>
- Alcaraz, R. (2015). *Emprendedor del éxito*. Mexico D.F.: McGraw Hill.
- Araya, F., & Araya, R. (09 de Octubre de 2018). Constructora MECO. (J. Hidalgo, & L. Romero, Entrevistadores)
- ArtGlass Recykling. (31 de marzo de 2018). *Car glass recycling*. Obtenido de <https://artglas-recykling.pl/en/car-glass-recycling/>
- Asamblea Legislativa. (2010). *Ley para la Gestión Integral de Residuos*. Obtenido de [http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm\\_texto\\_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=68300&nValor3=83024&strTipM=TC](http://www.pgrweb.go.cr/scij/Busqueda/Normativa/Normas/nrm_texto_completo.aspx?param1=NRTC&nValor1=1&nValor2=68300&nValor3=83024&strTipM=TC)
- Baltodano, L. E. (11 de Octubre de 2018). Gerente de Calidad, CEMEX. (L. Romero, & J. Hidalgo, Entrevistadores)
- Banco Central de Costa Rica. (28 de Julio de 2018). *Banco Central mantiene meta de inflación en 3% ± 1 punto porcentual*. Obtenido de Banco Central de Costa Rica: [https://activos.bccr.fi.cr/sitios/bccr/noticias/Documentos%20compartidos/BCCR-Comunicado\\_Revision\\_PM\\_2018-2019.pdf](https://activos.bccr.fi.cr/sitios/bccr/noticias/Documentos%20compartidos/BCCR-Comunicado_Revision_PM_2018-2019.pdf)
- Barquero, K. (18 de Enero de 2018). *Accidentes de tránsito se incrementaron un 72% en tres años*. Obtenido de La República: <https://www.larepublica.net/noticia/accidentes-de-transito-se-incrementaron-un-72-en-tres-anos>
- Barrogan, N., Guerra, P., Villalpando, P., Segura, A., & Sandoval, P. (Diciembre de 2017). *Modelos de negocios basados en el concepto de economía colaborativa: análisis de factores característicos y casos ilustrativos*. Recuperado el 26 de Junio de 2018, de [http://www.spentamexico.org/v12-n3/A8.12\(3\)101-123.pdf](http://www.spentamexico.org/v12-n3/A8.12(3)101-123.pdf)

- Becerra, M., Domínguez, A., & Domínguez, L. (19 de Junio de 2012). *SOLVENTES*. Obtenido de LICENCIATURA DE QUÍMICA: <http://formulacionesq1.blogspot.com/2012/06/solventes-definicion-un-disolvente-o.html>
- Borbón, A. (23 de Octubre de 2018). Gerente General. (N. Vega, Entrevistador)
- Bosque, D. (11 de Noviembre de 2017). *La Nación*. Recuperado el 22 de Mayo de 2018, de En 10 días 57.600 dueños de vehículos cancelaron el marchamo: <https://www.nacion.com/el-pais/servicios/en-10-dias-57600-duenos-de-vehiculos-cancelaron/BLZLVOZUTNFOZOFVKCADD3AJHM/story/>
- Brossard-Gonzalez, C., Ferrari, R., Pighinelli, A., & Park, K. J. (2010). Evaluación preliminar del etanol anhidro como solvente en la extracción de aceite de semillas de jatrofa (*Jatropha curcas* L.). *GRASAS Y ACEITES*, 295-302.
- Calderón, K. R. (2018). *Determinación del desempeño físico-mecánico de vigas de concreto reforzado con la implementación de cementos terciarios de vidrio reciclado*. (E. d. Construcción, Ed.) Cartago, Costa Rica: Tecnológico de Costa Rica.
- Camacho, C. (29 de Noviembre de 2010). *Escudo fiscal*. Obtenido de La Nación: <https://www.nacion.com/economia/escudo-fiscal/2SVZDCBT55F4RAFY4MDJQQDQU/story/>
- Cámara de Comercio de Costa Rica. (2013). *Guía básica para abrir un negocio*. San José: Cámara de Comercio de Costa Rica.
- Carro, R., & González, D. (2014). *Localización de instalaciones*. Mar de Plata: Universidad Nacional de Mar de Plata.
- Castaño, R. (s.f). *Centro tecnológico CIDETER*. Obtenido de [http://www.cecma.com.ar/\\_\\_mm/biblioteca/distribucion-en-planta.pdf](http://www.cecma.com.ar/__mm/biblioteca/distribucion-en-planta.pdf)
- Centro Tecnológico Lurederra. (11 de Julio de 2016). *Proyecto*. Obtenido de Recycled-PVB: <http://www.recycled-pvb.eu/index.php>
- Chavarría, F. (14 de Junio de 2016). *Banco Promerica lanza créditos verdes*. Obtenido de La Nación: <https://www.nacion.com/somos-celebres/en-vitrina/banco-promerica-lanza-creditos-verdes/HSQGVQY27ZG4ZOOX6OK6DALEWA/story/>
- Creis, A. (12 de Enero de 2017). *Identidad Corporativa*. Obtenido de Carlos Herrera: <https://carlos-herrera.com/disenio-de-marca-e-identidad-corporativa/>
- Curran, M. A. (2013). *Life Cycle Assessment: a review of the methodology and its application to sustainability*. Cincinnati: Elsevier.

- Dam, R., & Siang, T. (14 de Junio de 2018). *Interaction Design Foundatio*. Recuperado el 05 de Agosto de 2018, de 5 Stages in the Design Thinking Process: <https://www.interaction-design.org/literature/article/5-stages-in-the-design-thinking-process>
- DaSilva, K. (11 de Agosto de 2018). *Las tres partes de un estado de flujo de efectivo*. Obtenido de Cuida tu dinero: <https://www.cuidatudinero.com/las-tres-partes-de-un-estado-de-flujo-de-efectivo-13596.html>
- Delgado, G. (25 de Abril de 2018). *BN Pyme Verde*. Obtenido de Panorama Digital: <http://www.panoramadigital.co.cr/bn-pyme-verde/>
- Diaz, R. (25 de Octubre de 2018). Gerente Comercial, Grupo SUR. (J. Hidalgo, & N. Vega, Entrevistadores)
- Dicelver, S. (23 de Febrero de 2019). *Costos fijos*. Obtenido de Gerencie: <https://www.gerencie.com/costos-fijos.html>
- DIGECA. (2018). *Estrategia Nacional de Separación, Recuperación y Valorización de Residuos (ENSRVR) 2016-2021*. Obtenido de Dirección de Gestión de Calidad Ambiental: <http://www.digeca.go.cr/documentos/estrategia-nacional-de-separacion-recuperacion-y-valorizacion-de-residuos-ensrvr-2016>
- Doorley, S. (2017). *Mini guía: una introducción al Design Thinking*. Obtenido de Institute of Design at Stanford: <https://dschool-old.stanford.edu/sandbox/groups/designresources/wiki/31fbd/attachments/027aa/GU%C3%8DA%20DEL%20PROCESO%20CREATIVO.pdf?sessionID=573efa71aea50503341224491c862e32f5edc0a9>
- Esteve, J. (29 de Junio de 2012). *Reciclaje Verde*. Recuperado el 26 de Junio de 2018, de <https://reciclajeverde.wordpress.com/2012/06/29/pvb-el-reciclaje-de-un-plastico-poco-conocido/>
- Estévez, R. (23 de Marzo de 2010). *Biosfera y tecnosfera: dos metabolismos en el mundo*. Obtenido de Eco Inteligencia: <https://www.ecointeligencia.com/2010/03/biosfera-y-tecnosfera-dos-metabolismos-en-el-mundo/>
- Extralum . (2014). *Generalidades del Vidrio*. Costa Rica.
- Extralum. (2013). *Información técnica Vilax*. Costa Rica: Extralum.
- Extralum. (2014). *Extralum*. Obtenido de Generalidades del Vidrio: <http://www.extralum.com/es-es/Productos/Vidrio>

- Fernandez, O. (16 de Enero de 2018). *Estudio de viabilidad económica de un proyecto empresarial*. Obtenido de Universitat Oberta de Catalunya: <http://fp.uoc.edu/blog/estudio-de-viabilidad-economica-de-un-proyecto-empresarial/>
- Finanzas.com. (30 de Julio de 2013). *Qué es... El dividendo*. Obtenido de Inversión & Finanzas: <http://www.finanzas.com/aula-accionista/20130730/dividendo-2422267.html>
- Flanders. (2013). *Environmental impact assessment of recycling routes for automotive glass*. OVAM.
- Flores, B. (17 de Junio de 2016). *Banco Popular dará créditos para proyectos eco amigables*. Obtenido de La República: [https://www.larepublica.net/noticia/banco\\_popular\\_dara\\_creditos\\_para\\_proyectos\\_eco\\_amigables](https://www.larepublica.net/noticia/banco_popular_dara_creditos_para_proyectos_eco_amigables)
- Fundación Lurederra. (11 de Julio de 2016). *Informe Layman RECYCLED-PVB (LIFE09 ENV/ES/000501)*. Obtenido de RECYCLED-PVB: <http://www.recycled-pvb.eu/>
- García, A. (15 de Noviembre de 2018). Visitador Técnico, Extralum. (J. Hidalgo, & N. Vega, Entrevistadores)
- García, L. (24 de Abril de 2018). *Capital de trabajo*. Obtenido de Gerencie: <https://www.gerencie.com/capital-de-trabajo.html>
- García, R. (30 de Octubre de 2014). *Análisis Dimensional*. Obtenido de Design Thinking en Español: <https://designthinking.es/inicio/herramienta.php?id=84&fase=empatiza>
- Garzáz, J. (1 de mayo de 2013). *Producto Mínimo Viable*. Obtenido de <https://www.javiergarzas.com/2013/05/producto-minimo-viable.html>
- Gehisy, V. (13 de Febrero de 2017). *3 herramientas para mapear procesos en ISO 9001:2015*. Obtenido de Calidad y ADR: <https://aprendiendocalidadyadr.com/mapeo-de-procesos-iso-90012015/>
- González, M. (27 de Noviembre de 2014). *Obtenga créditos verdes*. Obtenido de Revista Espacios: <https://www.revistaespacios.cr/noticia/obtenga-creditos-verdes>
- Graus. (17 de Febrero de 2014). *Significado de Impacto ambiental*. Obtenido de Significados: <https://www.significados.com/impacto-ambiental/>
- Graus. (13 de Febrero de 2017). *Significado de Competencia*. Obtenido de Significados: <https://www.significados.com/competencia/>
- Hallensleben, M. L. (2000). Polyvinyl Compounds, Others. *Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry*.
- Hanbook of Polymers. (2016). *PVB poly(vinyl butyrate)*. ChemTec Publishing.

- Herrera, G. (22 de Julio de 2014). *Análisis de Modelos de Planificación Colaborativa en la Cadena de Suministros: Una Revisión de la Literatura*. Recuperado el 25 de Junio de 2018, de <http://www.laccei.org/LACCEI2014-Guayaquil/RefereedPapers/RP022.pdf>
- Hidalgo, A. (04 de Setiembre de 2005). *Manual AMEF Análisis de modo y efecto de fallas potenciales*. Obtenido de Gestiópolis: <https://www.gestiopolis.com/manual-amef-analisis-de-modo-y-efecto-de-fallas-potenciales/>
- INEC. (Diciembre de 2015). *Instituto Nacional de Estadística y Censo*. Obtenido de Costa Rica: Vehículos automotores en circulación, según estilo 2012-2015: <http://www.inec.go.cr/documento/cuadro-951-costa-rica-vehiculos-automotores-en-circulacion-segun-estilo-2012-2015>
- INS. (2018). *Centro de Gestión de reclamos de Automóviles*. INS.
- Interface. (Mayo de 2015). *Interface*. Recuperado el 17 de Noviembre de 2018, de Interface Creates Innovative Latex Substitute From Laminated Car Glass: <http://pressroom.interface.com/EU/en-GB/interface-creates-innovative-latex-substitute-from-laminated-car-glass/>
- Jiménez, F., Espinoza, C., & Fonseca, L. (2007). *Ingeniería Económica*. Cartago: Editorial Tecnológica de Costa Rica.
- La Gaceta. (19 de marzo de 2013). *Reglamento General a la Ley para la Gestión Integral de Residuos*. Obtenido de DIGECA: [http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/37567\\_reglamento\\_ley\\_gestion\\_integral\\_residuos\\_0.pdf](http://www.digeca.go.cr/sites/default/files/37567_reglamento_ley_gestion_integral_residuos_0.pdf)
- Lay, C. (17 de Junio de 2014). *Significados de los colores que representan el medio ambiente: VERDE-AZUL-MARRÓN*. Obtenido de Cristian Lay: <http://cristianlay.com/blog/2014/06/17/significados-de-los-colores-que-representan-el-medio-ambiente-verde-azul-marron/>
- Lemes, W. (07 de Marzo de 2007). *DISOLUCIÓN Y SOLUBILIDAD*. Obtenido de Textos Científicos: <https://www.textoscientificos.com/quimica/disoluciones/solubilidad>
- Llamas Fernández, F., & Fernández Rodríguez, J. (2018). La metodología Lean Startup: desarrollo y aplicación para el emprendimiento. *EAN*, 79-95.
- Manickam, V., & Muralikrishna, I. (2017). *Environmental Management*. Elsevier.
- Mar, M. (3 de Enero de 2012). *DEL VIDRIO LAMINADO AL BARNIZ*. Obtenido de Greenglass S.L.: <https://mariamarc.wordpress.com/2012/01/03/del-vidrio-laminado-al-barniz/>
- Marín, C. (31 de Mayo de 2018). *Bancos apuestan por líneas de financiamiento relacionadas con créditos verdes*. Obtenido de elmundo.cr: <https://www.elmundo.cr/economia-y-negocios/bancos-apuestan-por-lineas-de-financiamiento-relacionadas-con-creditos-verdes/>

- Martín, A. (2017). *OVACEN*. Recuperado el 27 de mayo de 2018, de <https://ovacen.com/economia-circular/>
- Martinez, E., & Carpi, J. (2006). *Residuos urbanos y sustentabilidad ambiental*. Valencia: Universitat de València.
- Matofska, B. (Marzo de 2015). *Laboratorio Eco Innovación*. Recuperado el 26 de Junio de 2018, de What we know about the Global Sharing Economy: <http://www.laboratorioecoinnovacion.com/comunicacion/ALERTAINFORMATIVA/1/What-we-know-about-the-Global-Sharing-Economy-2015-Benita-Matofska.pdf>
- MINAE. (2018). *Plan Nacional de Descarbonización*. San José.
- Ministerio de Salud . (2014). *Inventario de georeferenciación y de caracterización físico*. Obtenido de <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/biblioteca-de-archivos/centro-de-informacion/material-publicado/investigaciones/inventario-de-georeferenciacion-y-de-caracterizacion-fisico-quimico-de-lixiviados-suelos-y-gases-en-sitios-de-disposicion-final-d>
- Ministerio de Salud . (2018). *Listado de gestores de residuos aprobados*. Obtenido de <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/informacion/gestores-de-residuos-ms>
- Ministerio de Salud. (2011). *Política Nacional para la Gestión Integral de Residuos 2010-2021*. Costa Rica.
- Ministerio de Salud. (Marzo de 2016). *Plan Nacional para la Gestión Integral de Residuos 2016-2021*. Recuperado el 01 de Mayo de 2018, de <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/biblioteca-de-archivos/sobre-el-ministerio/politcas-y-planos-en-salud/planes-en-salud/3025-plan-nacional-para-la-gestion-integral-de-residuos-2016-2021/file>
- Ministerio de Salud. (octubre de 2018). *Registro de Gestores en Salud*. Obtenido de Ministerio de Salud: <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/tramites-ms/registro-de-gestores-en-salud>
- Ministerio de Salud. (octubre de 2018). *Trámite para Autorizaciones y Permisos Sanitarios de Funcionamiento para establecimientos Industriales, Comerciales y de Servicios*. Obtenido de Ministerio de Salud: <https://www.ministeriodesalud.go.cr/index.php/tramites-ms/permisos-a-establecimientos-ms>
- Molina, A. (24 de Enero de 2017). *Fundamentos financieros: el valor actual neto (VAN)*. Obtenido de ESAN: <https://www.esan.edu.pe/apuntes-empresariales/2017/01/fundamentos-financieros-el-valor-actual-neto-van/>
- Montoya, D. (22 de Junio de 2011). *¿Qué es y para qué se utiliza el molino de bolas?* Obtenido de El blog de Déborah Montoya: <http://deborahmontoya.over-blog.es/article-que-para-que-utiliza-molino-bolas-85861912.html>

- Montoya, J. (10 de Noviembre de 2018). Propietario de Alfombras Artísticas Montoya. (J. Hidalgo, N. Vega, & L. Romero, Entrevistadores)
- Moreno, M. (23 de Junio de 2010). *El Punto de Equilibrio del negocio y su importancia estratégica*. Obtenido de El Blog Salmón: <https://www.elblogsalmon.com/conceptos-de-economia/el-punto-de-equilibrio-y-su-importancia-estrategica>
- Moukalled, H. (03 de Febrero de 2016). *Los beneficios de la gestión de residuos*. Obtenido de Green Area: <http://greenarea.me/es/105709/los-beneficios-de-la-gestion-de-residuos/>
- Nassar, R.-U.-D., & Soroushian, P. (2011). *Field investigation of concrete incorporating milled waste glass*. Michigan State Univeristy, USA: Journal of Solid Waste Technology and Management.
- Ocampo, J. (19 de Marzo de 2019). Ingeniero Industrial. (J. Hidalgo, N. Vega, & L. Romero, Entrevistadores)
- Oficio Nº P E 212, 233 (04 de Julio de 2008).
- Olachea, O. (10 de Noviembre de 2014). *12 marcas que hacen uso del minimalismo en su diseño de identidad*. Obtenido de Paredro: <https://www.paredro.com/12-marcas-que-hacen-uso-del-minimalismo-en-su-diseno-de-identidad/>
- Olivares, R. (09 de Octubre de 2015). *26 empresas estupendas del sector ambiental*. Obtenido de Sostenibilidad Práctica: <https://sostenibilidadpractica.com/26-empresas-estupendas-del-sector-ambiental/>
- Osario, J. (Febreo de 2019). *360 de Concreto*. Obtenido de Resistencia Mecánica del Concreto y Resistencia a la Compresión: <https://www.360enconcreto.com/blog/detalle/resistencia-mecanica-del-concreto-y-compresion>
- Osterwalder, A., & Pigneur, I. (2011). *Generación de Modelos de Negocio*. Barcelona: Centro Libros PAPF, S. L. U.
- Pahwa, A. (29 de Octubre de 2018). *Psychology of Shapes in Logo Design*. Obtenido de FEEDOUGH: <https://www.feedough.com/psychology-shapes-logo-design-marketing/>
- Pearson, C. (2009). *Manual del Vidrio Plano*. Argenitna: CAVIPLAN. Obtenido de [https://www.bia.com.uy/manual\\_vidrio\\_plano\\_3ra\\_edicion.pdf](https://www.bia.com.uy/manual_vidrio_plano_3ra_edicion.pdf)
- Pérez, A. (08 de Noviembre de 2016). *Como crear una Efectiva Matriz de Riesgos en tan solo 3 Pasos*. Obtenido de CEO Level: <http://www.ceolevel.com/como-crear-una-efectiva-matriz-de-riesgos-en-tan-solo-3-pasos>
- Puig, C. (23 de Noviembre de 2017). *Branding, ¿qué es branding?* Obtenido de Branderstand: <http://www.branderstand.com/branding-que-es-branding/>

- Pymes El Financiero. (15 de Julio de 2015). *BAC ofrece créditos a pymes que quieran desarrollar proyectos sostenibles*. Obtenido de El Financiero: <https://www.elfinancierocr.com/pymes/bac-ofrece-creditos-a-pymes-que-quieran-desarrollar-proyectos-sostenibles/AVSNZ3CBXBHTLDO5CALNOGNKF4/story/>
- Quirós, K. (Octubre de 2003). *Experiencia de Costa Rica en Producción más Limpia: Visión General*. Obtenido de Ministerio de Seguridad Pública: [http://www.seguridadpublica.go.cr/ministerio/gestion%20ambiental/aprendamos/buenas%20practicadas%20ambientales/produccion\\_Limpia%20en%20CR.PDF](http://www.seguridadpublica.go.cr/ministerio/gestion%20ambiental/aprendamos/buenas%20practicadas%20ambientales/produccion_Limpia%20en%20CR.PDF)
- RAE. (2018). *Real Academia Española*. Recuperado el 07 de Julio de 2018, de <http://dle.rae.es/?id=9vSJPtD>
- Recope. (2019). *Calidad y precio de los combustibles*. San José: Refinadora Costarricense de Petróleo.
- Recytrans. (27 de Diciembre de 2013). *¿Cuánto tardan en degradarse los residuos?* Obtenido de Recytrans: <https://www.recytrans.com/blog/cuanto-tardan-en-degradarse-los-residuos/>
- Restrepo, L. (10 de Octubre de 2017). *Principales indicadores de rentabilidad empresarial*. Obtenido de Minuto de Dios Industrial: <https://mdc.org.co/principales-indicadores-de-rentabilidad-empresarial/>
- Rethinking Progress Spanish* (2014). [Película]. Recuperado el 27 de mayo de 2018, de [https://youtu.be/RstFV\\_n6wRg](https://youtu.be/RstFV_n6wRg)
- Retos Directivos. (24 de Agosto de 2016). *Mejora continua: ¿por qué es tan importante?* Obtenido de EAE Business School: <https://retos-directivos.eae.es/mejora-continua-por-que-es-tan-importante/>
- Reyes, T. (31 de Diciembre de 2018). *Evaluación de proyectos: ¿Cómo hacer un análisis de sensibilidad?* Obtenido de Pontificia Universidad Católica de Chile: <https://claseejecutiva.emol.com/articulos/tomas-reyes/analisis-de-sensibilidad/>
- Reyes, T. (03 de Enero de 2019). *Cómo calcular la Tasa Interna de Retorno (TIR) y qué es la regla de la TIR*. Obtenido de Pontificia Universidad Católica de Chile: <https://claseejecutiva.emol.com/articulos/tomas-reyes/como-calcular-la-tasa-interna-de-retorno-tir-y-que-es-la-regla-de-la-tir/>
- Ries, E. (2018). *The Lean StartUp Methodology*. Recuperado el 5 de Agosto de 2018, de The Lean StartUp: <http://theleanstartup.com/principles>
- Riquelme, M. (4 de Febrero de 2013). *La Tasa Interna De Retorno – TIR*. Obtenido de Web y empresas: <https://www.webyempresas.com/la-tasa-interna-de-retorno-tir/>
- Riquelme, M. (9 de Noviembre de 2017). *Diferencia Entre Eficacia Y Eficiencia*. Obtenido de Web y empresas: <https://www.webyempresas.com/diferencia-entre-eficacia-y-eficiencia/>



- Rodríguez, A. (22 de Junio de 2016). *Minimalismo, tendencia de diseño presente en el branding*. Obtenido de Paredro: <https://www.paredro.com/minimalismo-tendencia-de-diseno-presente-en-el-branding/>
- Rojas, B. (28 de Abril de 2017). *5 ejemplos de cómo elaborar un plan de ventas directas como estrategia BTL*. Obtenido de IBTL: <https://www.informabtl.com/5-ejemplos-elaborar-plan-ventas-directas-estrategia-btl/>
- Romero, A. (12 de abril de 2018). Gerente General Taller Romero Fournier. (J. Hidalgo, L. Romero, & N. Vega, Entrevistadores)
- Route4Me. (2019). *Route4Me Web Platform Structure*. Obtenido de <https://support.route4me.com/route4me-platform-structure/>
- Ruiz, A. (20 de Julio de 2011). *Concepto de calidad*. Obtenido de CreceNegocios: <https://www.crecenegocios.com/concepto-de-calidad/>
- Salas, A. (5 de Marzo de 2012). *El análisis financiero de una empresa*. Obtenido de CreceNegocios: <https://www.crecenegocios.com/el-analisis-financiero-de-una-empresa/>
- Salas, A. (04 de Abril de 2012). *El punto de equilibrio*. Obtenido de CreceNegocios: <https://www.crecenegocios.com/el-punto-de-equilibrio/>
- Salesplas. (1 de Febrero de 2018). *Sustitución de colectores metálicos por polietileno de alta densidad (PEAD)*. Obtenido de IAGUA: <https://www.iagua.es/noticias/saleplas/sustitucion-colectores-metalicos-polietileno-alta-densidad-pead>
- SEMARNAT. (2010). *Compendio de Estadísticas Ambientales 2010*. Obtenido de [http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5\\_8080/ibi\\_apps/WFServlet5c54.html](http://aplicaciones.semarnat.gob.mx/estadisticas/compendio2010/10.100.13.5_8080/ibi_apps/WFServlet5c54.html)
- SEMARNAT. (10 de Enero de 2017). *Residuos de Manejo Especial (RME)*. Obtenido de Gobierno de México: <https://www.gob.mx/semarnat/acciones-y-programas/residuos-de-manejo-especial-rme>
- Setena. (26 de octubre de 2016). *Evaluación de Impacto Ambiental*. Obtenido de Setena: <https://www.setena.go.cr/group/evaluacion-impacto-ambiental/>
- Shark Solutions. (2017). *History & Future*. Obtenido de Shark Solutions: <https://www.shark-solutions.com/history-future>
- Shimokawa, K. (1998). *Japón Patente nº US6168719B1*.
- Soft Secrets. (22 de Octubre de 2014). *El etanol y las extracciones tipo aceite*. Obtenido de Soft Secrets International: <https://www.softsecrets.com/es/noticias/nacional/el-etanol-y-las-extracciones-tipo-aceite/>

- SUGESE. (2017). *Estadísticas Anexo 10*. Obtenido de <http://www.sugese.fi.cr/estadisticas/>
- SUGESE. (Enero de 2018). *Boletín sobre el sector seguros enero 2018*. Obtenido de SUGESE: [http://www.sugese.fi.cr/estadisticas/2018/Enero/Boletin\\_Enero2018.pdf](http://www.sugese.fi.cr/estadisticas/2018/Enero/Boletin_Enero2018.pdf)
- Summa. (16 de Octubre de 2018). *Costa Rica: Programa de crecimiento verde dotará de fondos no reembolsables a 26 pymes*. Obtenido de Revista Summa: <http://revistasumma.com/costa-rica-programa-de-crecimiento-verde-dotara-de-fondos-no-reembolsables-a-26-pymes/>
- Swain, B., Park, J., Shin, D., Park, K.-S., & Hong, M. (15 de Agosto de 2015). Recycling of waste automotive laminated glass and valorization of polyvinyl butyral through mechanochemical separation.
- Temas Ambientales. (17 de Marzo de 2018). *Valores Ambientales*. Obtenido de Temas Ambientales: <https://www.temasambientales.com/2017/03/valores-ambientales.html>
- Terra, M. (16 de Febrero de 2016). *Bolsas de polipropileno: tipos y aplicaciones*. Obtenido de Embalajes Terra: <https://www.embalajesterra.com/blog/bolsas-de-polipropileno/>
- Valerio, L. R. (2014). Residuos sólidos, “basura” que tiene valor económico. *El Financiero*.
- Van Vliet, K., Pellenq, R., Buehler, M. J., Grossman, J. C., Jennings, H., Ulm, F.-J., & Yip, S. (2012). *Set in stone? A perspective on the concrete sustainability challenge*. Massachusetts Institute of Technology, Department of Materials Science and Engineering. Cambridge: Cambridge University Press (Materials Research Society).
- Vargas, R. F. (27 de Noviembre de 2018). Ingeniero de Producción Productos de Concreto. (J. Hidalgo, & L. Romero, Entrevistadores)
- Velazco Gonzalez, A. (16 de Abril de 2013). *¿Qué es el desarrollo sostenible?* Obtenido de Escuela de Organización Industrial: <http://www.eoi.es/blogs/mtelcon/2013/04/16/%C2%BFque-es-el-desarrollo-sostenible/>
- Ventanas y Puertas de Aluminio. (2 de Diciembre de 2014). *MEDIDAS ESTÁNDAR DE VENTANAS DE ALUMINIO*. Obtenido de TU VENTANA DE ALUMINIO: <https://tuventanadealuminio.com/blog/medidas-estandar-de-ventanas-de-aluminio/>
- Xataca. (2012). *Receta para el éxito: reciclado de vidrio y cemento*. Obtenido de <https://www.xatakaciencia.com/materiales/receta-para-el-exito-reciclado-de-vidrio-y-cemento>
- Zambrano, O. (28 de Junio de 2011). *Ciclos del servicio. Sentimientos vs Satisfacción*. Obtenido de Gestiópolis: <https://www.gestiopolis.com/ciclos-servicio-sentimientos-vs-satisfaccion/>

## Acrónimos y abreviaturas

ACV: Análisis de Ciclo de Vida

AMFE: Análisis de modo de falla y efectos potenciales

CCSS: Caja Costarricense de Seguro Social

CF: Costo fijo

CO<sub>2</sub>: Dióxido de carbono.

CVU: Costo variable unitario

EIA: Evaluación de Impacto Ambiental.

EIAs: Empresas independientes de las aseguradoras.

EUA: Estados Unidos de América.

FNE: Flujo neto de efectivo

GAM: Gran Área Metropolitana.

ID: Índice de deseabilidad

INS: Instituto Nacional de Seguros.

ISA: Informe de Sostenibilidad Ambiental.

MOQ: Cantidad mínima de orden.

MS: Ministerio de Salud.

ONUDI: Organización de Naciones Unidas para el Desarrollo Industrial.

PMV: Producto mínimo viable

PVB: Butiral de Polivinilo.

PVU: Precio de venta unitario

SDF: Sitios de Disposición Final.

TIR: Tasa interna de retorno

UNA: Universidad Nacional de Costa Rica.

UNAI: Utilidad neta antes de impuestos

UNDI: Utilidad neta después de impuestos

VAN: Valor actual neto

VICAL: Vidriera Centroamericana.

## Glosario

**Competencia:** situación de rivalidad que se produce entre dos o más empresas de un mismo mercado que están vendiendo u ofreciendo un mismo producto o servicio, y que luchan, con todos los mecanismos legales y honestos disponibles, para obtener una cuota de mercado satisfactoria en relación con sus pretensiones (Graus, 2017).

**Degradación de residuo:** Proceso biológico mediante el cual, el producto o sustancia en cuestión se descompone en los elementos químicos que lo forman gracias a la acción de agentes biológicos, como animales, plantas, hongos y microorganismos (Recytrans, 2013).

**Disposición final de residuos:** Acción de depositar o confinar permanentemente residuos en sitios e instalaciones cuyas características permitan prevenir su liberación al ambiente y las consecuentes afectaciones a la salud de la población y a los ecosistemas y sus elementos (SEMARNAT, 2010).

**Relleno Sanitario:** Instalación de ingeniería para la disposición de los residuos sólidos urbanos, diseñada y operada para minimizar los impactos a la salud pública y al ambiente (SEMARNAT, 2010).

**Residuo de manejo especial:** Residuos generados en los procesos productivos, que no cuentan con las características para ser considerados como peligrosos o como residuos sólidos urbanos, o que son producidos por grandes generadores de residuos sólidos urbanos (SEMARNAT, 2017).

**Residuo valorizable:** Son aquellos residuos que pueden ser recuperados de la corriente de los residuos para su valorización (Asamblea Legislativa, 2010).

**Valorización:** Conjunto de acciones relacionadas cuyo objetivo es recuperar el valor de los residuos por medio de la recuperación de materiales o el aprovechamiento energético para la protección de la salud y el uso racional de los recursos (Asamblea Legislativa, 2010).

**Vertedero:** Los vertederos son instalaciones de recepción selectiva de residuos municipales, orientadas a residuos especiales en pequeñas cantidades, residuos voluminosos, vegetales, escombros y otras fracciones que se pueden recoger selectivamente y aprovechar. Es una instalación que permite alcanzar niveles altos de recogida selectiva y que también puede prestar tareas de apoyo al servicio municipal de recogida de residuos (Ajuntament de L'Hospitalet, 2009).

## Apéndices

### Apéndice 1. Red de emprendedores

Nombre	Título	Lugar
Oscar Sibaja	Tutor de Propuesta de Proyecto	UCR
Paola Gamboa	Directora del Comité Asesor	UCR
Marco González	Asesor Técnico	UCR
Sergio Musmanni	Profesional contraparte	UCR
Evelyn Salas	Representante de la dirección	UCR
Carolina Vázquez	Profesora Lectora	UCR
Melissa Pizarro	Asesora de optimización de rutas	UCR
Esteban Saborío	Ingeniero de Calidad	INSUMA
José Joaquín Ocampo	Director de Calidad	INSUMA
Adrián Cordero	Coordinador	LASA
Carlos Roberto Cordero	Director Builder Solutions	CEMEX
Luis Ernesto Baltodano	Gerente de Calidad	CEMEX
Minor Murillo	Gerente Investigación y desarrollo	Productos de Concreto
Hazel Hernández	Gestora Ambiental	Productos de Concreto
Roger Amores	Encargado de Abastecimiento	Productos de Concreto
Ronald Vargas	Director de ingeniería de Materiales	Productos de Concreto
Francisco Araya	Gerente de Concretos	MECO
Patricial Rodríguez	Coordinadora de Gestión de Calidad	Concretera Nacional
Rodrigo Díaz	Director División de Sistemas Constructivos e Innovación	Grupo SUR
William Víquez	Gerente División Arquitectónica y Productos para la Construcción	Grupo SUR
Juan Antonio Montoya	Dueño Alfombras Artísticas Montoya	Alfombras Artísticas Montoya
Alberto Borbón	Gerente General	Hulera Costarricense
Alex García	Visitador técnico	Extralum
Jessica Granados	Centro de Gestión de Reclamos de Automóviles	INS
Carlos Sánchez	Jefe Subdirección Actuarial	INS
Norma Pacheco	Gerente de Gestión Ambiental	Romero Fournier
Rafael A. Ferraro	Gerente General	Steel
Jose Pablo Aguiar	Coordinador Unidad de Materiales y Pavimentos	LANAMME
Luis Guillermo Valerio	Profesor Ingeniería Ambiental	Tecnológico de Costa Rica
Esteban Gonzaga	Publicista	Anagram

Apéndice 2. Resultados a las preguntas realizadas en la encuesta a EIAs.

	Sí	No	Tipo
¿Pertenece a la GAM?	67,6%	29,4%	Inspección
¿Cuentan con un programa de gestión ambiental?	26,32%	74%	Muestra
¿Los vidrios laminados entran a algún programa de reciclaje?	0,00%	100%	Muestra
¿Cuentan con un mecanismo de transporte para deshacerse de los parabrisas?	52,6%	47%	Muestra
¿Paga para que lo reciban en algún sitio de disposición final?	57,9%	42,1%	Muestra
¿Estaría dispuesto a pagar por un servicio de recolección de parabrisas para su tratamiento posterior?	84,2%	15,8%	Muestra

Apéndice 3. Generación de residuos de parabrisas por parte de las EIAs según área geográfica.

	Generación de residuos de parabrisas (unidades)			Porcentaje Cobertura			Cantidad de clientes	
	Pesimista	Normal	Optimista	Pesimista	Normal	Optimista		
GAM	2082	2483	2899	69%	71%	73%	24	71%
No GAM	950	1008	1067	31%	29%	27%	10	29%
GAM + Grecia +Palmares	2462	2886	3325	81%	83%	84%	28	82%
Otras zonas afuera de la GAM	570	605	640	19%	17%	16%	6	18%

Apéndice 4. Cálculo de media muestral de parabrisas desechados para cada población de EIAs estudiada.

		Total	Muestra	% Muestreado	Media de parabrisas desechados por EIAs		
					Pesimista	Normal	Optimista
Población 1	Gam	23	12	39,13%	64,4	77,5	91,3
	No Gam	10	6	60,00%	95,0	100,8	106,7
Población 2	Gam	1	1	100,00%	600	700	800
	No Gam	0	0	-	-	-	-
<b>Total</b>		<b>34</b>	<b>19</b>				

Apéndice 5. Cálculo de total de parabras generados por las EIAs a nivel poblacional para cada escenario.

	Pesimista	Normal	Optimista
GAM	2 081,58	2 482,50	2 898,75
No Gam	950,00	1 008,33	1 066,67
<b>Total</b>	<b>3 031,58</b>	<b>3 490,83</b>	<b>3 965,42</b>

Apéndice 6. Análisis de fallos y errores potenciales.

N°	Función	Falla potencial	Efecto potencial	Severidad	Causa potencial	Ocurrencia	Control propuesto	Detección	RPN	Responsable
1	Trituración	Trozos de vidrio adheridos al PVB	Disminución de calidad del PVB	9	Equipo defectuoso	2	Inspección sensorial	2	36	Supervisión de calidad
2	Purificación	Remanente de impurezas al PVB	Disminución de calidad del PVB	8	Tiempo insuficiente en reactor	2	Alarmas consecutivas	1	16	Operario
					Equipo defectuoso	2	Inspección sensorial	2	32	Supervisión de calidad
					Cantidad incorrecta de solvente	4	Dispensado automático	2	64	Supervisión de calidad
					Tiempo insuficiente en extrusora	2	Alarmas consecutivas	1	16	Operario
3	Acondicionamiento	Partículas suspendidas	Disminución de calidad del PVB	9	Tiempo insuficiente en reactor	2	Alarmas consecutivas	1	18	Operario
					Equipo defectuoso	2	Inspección sensorial	2	36	Supervisión de calidad
4	Pulverización	Trozos con nivel de granulometría incorrecto	Disminución de calidad del vidrio molido	7	Tiempo insuficiente en molino	6	Inspección sensorial	3	126	Supervisión de calidad
		Remanente de plástico en el vidrio molido	Disminución de calidad del vidrio molido	9	Inspección incorrecta	8	Sensores capacitivos	5	280	Supervisión de calidad



Apéndice 7. Desglose de materiales auxiliares

Producto	Descripción	Cantidad	Unidad de medición	Precio Unitario	Precio total
Escoba	ESCOBA JUMBO U	1	Unidad	₡ 1 780	₡ 1 780
Palo piso	PALO DE PISO PLAST ECONOMICO	1	Unidad	₡ 2 240	₡ 2 240
Pala para basura	PALA PARA BASURA PLASTICA 1/1 UND	1	Unidad	₡ 1 231	₡ 1 231
Paño trapeador	Mecha para Piso PRACTIC # 40 1x48	3	unidades	₡ 1 844	₡ 5 532,00
Bolsas de basura	BOLSA OXO P/ BASURA MED 10 U	10	Unidad	₡ 505	₡ 5 050
Esponja lavaplatos	ESPONJA LAVAPLATOS DOBLE USO	2	Unidad	₡ 430	₡ 860
Jabón de platos	Lavaplatos Crema AXION LIMON 425grs	2	unidades	₡ 994	₡ 1 988
Servilletas	Servilleta SCOTT Express 6.5 1x24x100hoja	4	paquetes	₡ 310	₡ 1 240
Desinfectante	Desinfectante LA DESPENSA LIMON Galón 3785ml	3	galones	₡ 1 373	₡ 4 119
Detergente	DETERGENTE BULTO galón	2	galones	₡ 7 455	₡ 14 910
Papel Higiénico	Papel Higiénico JRT SCOTT BLANCO EXP 400mts 1x6rollos	1	paquete	₡ 9 987	₡ 9 987
Jabón de manos	JABON SPRAY ANTIBACTERIAL 400ml	2	paquetes	₡ 4 545	₡ 9 090
Alcohol Antibacterial	ALCOHOL SPRAY BACTISAN 400 ml	2	paquetes	₡ 8 118	₡ 16 236
Hisopo para inodoro	Hisopo para inodoro	1	Unidades	₡ 1 015	₡ 1 015
Cloro	Cloro LA DESPENSA Galón 3785ml 1x4	2	galones	₡ 1 163	₡ 2 326
Lapiceros	EMPAQUE DE 3 LAPICEROS DE COLOR NEGRO	2	paquetes	₡ 690	₡ 1 380
Hojas blancas	PAQUETE DE 100 HOJAS BLANCAS (OPALINA/AMALT)	1	Unidades	₡ 4 490	₡ 4 490
Otros					₡ 20 000
				<b>Total</b>	<b>₡ 103 474</b>

Apéndice 8. Desglose de los equipos, mobiliario y artículos de limpieza para el equipamiento de la planta.

Clasificación	Descripción	Proveedor	Cantidad	Costo Unitario	Costo total
Equipo	Computadora Laptop Hacer	Gollo	2	¢ 224 900	¢ 449 800
	Impresora HP	Gollo	1	¢ 23 640	¢ 23 640
	Refigeradora Mastertech	Gollo	1	¢ 225 665	¢ 225 665
	Microondas Frigidaire	Gollo	1	¢ 44 350	¢ 44 350
	Coffee Maker Oster	Gollo	1	¢ 18 630	¢ 18 630
	Datáfono 3NSTAR	Tech Electronica S.A	1	¢ 0,00	¢ 0,00
	Teléfono inalámbrico Panasonic	Gollo	3	¢ 22 045	¢ 66,135.00
	Ventiladores Vegga	Gollo	5	¢ 22 350	¢ 111 750
	Mobiliario	Escritorio oficina	Mercado libre	2	¢ 87 000
Silla escritorio		Mercado libre	1	¢ 44 100	¢ 44 100
Sillas planta		Mercado libre	5	¢ 14 000	¢ 70 000
Juego comedor (mesas con sillas)		Mercado libre	3	¢ 65 000	¢ 195 000
Racks		Metalica Imperio	3	¢ 171 000	¢ 513 000
Estante comedor		Mercado libre	1	¢ 60 000	¢ 60 000
Estante parabrisas		Cotizado	18	¢ 8 000	¢ 144 000
Mesa lavado de parabrisas		Mercado libre	1	¢ 65 000	¢ 65 000
Tarimas		Mercado libre	30	¢ 2 000	¢ 60 000
Limpieza	Disepnsador de jabón	EPA	2	¢ 5 595	¢ 11 190
	Disepnsador de papel higiénico	EPA	2	¢ 9 995	¢ 19 990
	Basurero Baño	EPA	2	¢ 4 995	¢ 9 990
	Basurero	EPA	5	¢ 4 995	¢ 24 975
					<b>Total</b>

Apéndice 9. Desglose del cálculo del consumo de electricidad y agua.

Equipo	Cantidad	Potencia total (kW)	Horas de servicio diarios	Horas de servicio mensuales	Consumo (kWh)
Sierra	1	1,5	4	86,6	129,90
Separador	1	1,1	4	86,6	95,26
Molino	1	12	4	86,6	1039,20
Reactor	1	5,5	4	86,6	476,30
Extrusora	1	5,5	4	86,6	476,30
Computadora	2	0,3	16	346,4	103,92
Impresora	1	0,1	3	64,95	6,50
Telefono	3	0,15	3	64,95	9,74
Refrigeradora	1	0,25	24	720	180,00
Microondas	1	1,2	0,75	16,24	19,49
Coffee Maker	1	0,75	0,4	8,66	6,50
Alarma	1	0,15	24	720	108,00
Televisión	1	0,12	1	21,65	2,60
Ventiladores	5	0,12	40	866	103,92
Luces	10	0,075	50	1 082,5	81,19
Portones automáticos	1	0,7	5	108,25	75,78
<b>Consumo total (kWh)</b>					<b>2 914,58</b>

Lavatorios (L)	2520
Servicios sanitarios (L)	2016
Comedor (L)	2100
Lavado de parabrisas (L)	11 637,5
Limpieza de maquinaria e instalaciones (L)	25 000
Total consumo mensual (litros)	43 273,5
Total consumo mensual (m <sup>3</sup> )	43,2735

Apéndice 10. Estado de resultados para los primeros seis años de operación.

Rubro	2021	2022	2023	2024	2025	2026
<b>Servicio de recolección</b>						
Demanda (ton)	467,30	560,76	672,91	807,49	968,99	1162,78
Crecimiento		20%	20%	20%	20%	20%
Precio de venta por ton	¢35 000,00	¢36 050,00	¢37 131,50	¢38 245,45	¢39 392,81	¢40 574,59
Ingreso total por servicio	¢16 355 367,84	¢20 215 234,65	¢24 986 030,03	¢30 882 733,11	¢38 171 058,13	¢47 179 427,85
<b>Venta de vidrio molido</b>						
Demanda PC (ton)	105,14	126,17	151,40	181,68	218,02	261,63
Demanda CN (ton)	315,42	378,51	454,21	545,05	654,07	784,88
PVU	¢47 899,37	¢49 336,35	¢50 816,44	¢52 340,93	¢53 911,16	¢55 528,50
CVU (saco+etiqueta)	¢5 895,00	¢6 071,85	¢6 254,01	¢6 441,63	¢6 634,87	¢6 833,92
Margen de contribución unitario	¢42 004,37	¢43 264,50	¢44 562,43	¢45 899,31	¢47 276,29	¢48 694,57
<b>Costo variable total</b>	¢2 479 240,12	¢3 064 340,78	¢3 787 525,21	¢4 681 381,16	¢5 786 187,11	¢7 151 727,27
<b>Ingreso por venta de vidrio</b>	¢20 144 874,42	¢24 899 064,78	¢30 775 244,07	¢38 038 201,67	¢47 015 217,26	¢58 110 808,54
<b>Margen de contribución total</b>	¢17 665 634,30	¢21 834 724,00	¢26 987 718,86	¢33 356 820,51	¢41 229 030,15	¢50 959 081,27
<b>Venta de PVB</b>						
Demanda Grupo Sur (ton)	44,86	53,83	64,60	77,52	93,02	111,63
Precio de venta por cubeta	¢49 565,46	¢51 052,42	¢52 584,00	¢54 161,52	¢55 786,36	¢57 459,95
CVU (etanol)	¢35 171,25	¢36 226,38	¢37 313,17	¢38 432,57	¢39 585,55	¢40 773,11
CVU (envase+etiqueta)	¢3 028,00	¢3 118,84	¢3 212,41	¢3 308,78	¢3 408,04	¢3 510,28
Margen de contribución unitario	¢11 366,21	¢11 707,20	¢12 058,42	¢12 420,17	¢12 792,77	¢13 176,56
<b>Costo variable total</b>	¢76 842 431,22	¢94 977 244,99	¢117 391 874,81	¢145 096 357,27	¢179 339 097,58	¢221 663 124,61
<b>Ingreso total por venta de PVB</b>	¢99 706 954,19	¢123 237 795,38	¢152 321 915,09	¢188 269 887,05	¢232 701 580,40	¢287 619 153,37
<b>Margen de contribución total</b>	¢22 864 522,97	¢28 260 550,39	¢34 930 040,28	¢43 173 529,79	¢53 362 482,82	¢65 956 028,76
<b>Resumen de Estado de Resultados</b>						
<b>Costo variable total</b>	¢79 321 671,34	¢98 041 585,78	¢121 179 400,02	¢149 777 738,43	¢185 125 284,70	¢228 814 851,88
<b>Ingreso total</b>	¢136 207 196,45	¢168 352 094,81	¢208 083 189,19	¢257 190 821,84	¢317 887 855,79	¢392 909 389,76
<b>Margen de contribución total</b>	¢56 885 525,11	¢70 310 509,04	¢86 903 789,17	¢107 413 083,41	¢132 762 571,10	¢164 094 537,88

Apéndice 11. Estado de resultados para los años siete, ocho, nueve y diez de operación.

Rubro	2027	2028	2029	2030	Total
<b>Servicio de recolección</b>					
Demanda (ton)	1395,34	1674,41	2009,29	2411,15	12 130,39
Crecimiento	20%	20%	20%	20%	
Precio de venta por ton	¢41 791,83	¢43 045,59	¢44 336,95	¢45 667,06	
Ingreso total por servicio	¢58 313 772,82	¢72 075 823,21	¢89 085 717,48	¢110 109 946,81	¢507 375 112
<b>Venta de vidrio molido</b>					
Demanda PC (ton)	313,95	376,74	452,09	542,51	782,42
Demanda CN (ton)	941,85	1130,22	1356,27	1627,52	2 729,34
PVU	¢57 194,35	¢58 910,18	¢60 677,49	¢62 497,81	
CVU (saco+etiqueta)	¢7 038,94	¢7 250,11	¢7 467,61	¢7 691,64	
Margen de contribución unitario	¢50 155,41	¢51 660,07	¢53 209,88	¢54 806,17	
<b>Costo variable total</b>	¢8 839 534,91	¢10 925 665,14	¢13 504 122,12	¢16 691 094,94	¢76 910 819
<b>Ingreso por venta de vidrio</b>	¢71 824 959,35	¢88 775 649,76	¢109 726 703,11	¢135 622 205,04	¢624 932 928
<b>Margen de contribución total</b>	¢62 985 424,45	¢77 849 984,62	¢96 222 580,99	¢118 931 110,10	¢548 022 109
<b>Venta de PVB</b>					
Demanda Grupo Sur (ton)	133,95	160,74	192,89	231,47	1164,52
Precio de venta por cubeta	¢59 183,75	¢60 959,26	¢62 788,04	¢64 671,68	
CVU (etanol)	¢41 996,31	¢43 256,20	¢44 553,88	¢45 890,50	
CVU (envase+etiqueta)	¢3 615,59	¢3 724,06	¢3 835,78	¢3 950,85	
Margen de contribución unitario	¢13 571,85	¢13 979,01	¢14 398,38	¢14 830,33	
<b>Costo variable total</b>	¢273 975 622,02	¢338 633 868,82	¢418 551 461,86	¢517 329 606,86	¢2 383 800 690
<b>Ingreso total por venta de PVB</b>	¢355 497 273,57	¢439 394 630,13	¢543 091 762,84	¢671 261 418,87	¢3 093 102 371
<b>Margen de contribución total</b>	¢81 521 651,55	¢100 760 761,31	¢124 540 300,98	¢153 931 812,01	¢709 301 681
<b>Resumen de Estado de Resultados</b>					
<b>Costo variable total</b>	¢282 815 156,93	¢349 559 533,96	¢432 055 583,98	¢534 020 701,80	¢2 460 711 508,81
<b>Ingreso total</b>	¢485 636 005,74	¢600 246 103,10	¢741 904 183,43	¢916 993 570,72	¢4 225 410 410,84
<b>Margen de contribución total</b>	¢202 820 848,82	¢250 686 569,14	¢309 848 599,45	¢382 972 868,92	¢1 764 698 902

Apéndice 12. Flujos netos de efectivo para los años cero, uno, dos, tres, cuatro y cinco de operación.

Año	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Inversión Inicial	¢(38 809 984,40)					
Capital de Trabajo	¢(31 805 110,37)					
Incremento en el Capital de Trabajo		¢(954 153,31)	¢(982 777,91)	¢(1 012 261,25)	¢(1 042 629,09)	¢(1 073 907,96)
Ingresos		¢136 207 196,45	¢168 352 094,81	¢208 083 189,19	¢257 190 821,84	¢317 887 855,79
Costo Variable		¢(79 321 671,34)	¢(98 041 585,78)	¢(121 179 400,02)	¢(149 777 738,43)	¢(185 125 284,70)
<b>Margen Bruto</b>		<b>¢56 885 525,11</b>	<b>¢70 310 509,04</b>	<b>¢86 903 789,17</b>	<b>¢107 413 083,41</b>	<b>¢132 762 571,10</b>
Costo Fijo		¢(63 610 220,73)	¢(65 518 527,35)	¢(67 484 083,17)	¢(69 508 605,67)	¢(71 593 863,84)
<b>Flujos Operativos</b>		<b>¢(6 724 695,62)</b>	<b>¢4 791 981,68</b>	<b>¢19 419 705,99</b>	<b>¢37 904 477,74</b>	<b>¢61 168 707,26</b>
Gasto por Depreciación (-)		¢(3 408 865,29)	¢(3 408 865,29)	¢(3 408 865,29)	¢(3 408 865,29)	¢(3 408 865,29)
Utilidad Antes de Impuestos		¢(10 133 560,91)	¢1 383 116,39	¢16 010 840,70	¢34 495 612,45	¢57 759 841,97
Impuesto Sobre la Renta (30%)		¢(3 040 068,27)	¢414 934,92	¢4 803 252,21	¢10 348 683,73	¢17 327 952,59
<b>Utilidad Después de Impuestos</b>		<b>¢(7 093 492,64)</b>	<b>¢968 181,47</b>	<b>¢11 207 588,49</b>	<b>¢24 146 928,71</b>	<b>¢40 431 889,38</b>
Gasto por Depreciación (+)		¢3 408 865,29	¢3 408 865,29	¢3 408 865,29	¢3 408 865,29	¢3 408 865,29
<b>FNE Proyecto</b>	<b>¢(70 615 094,77)</b>	<b>¢(4 638 780,66)</b>	<b>¢3 394 268,86</b>	<b>¢13 604 192,54</b>	<b>¢26 513 164,92</b>	<b>¢42 766 846,71</b>
Financiamiento	¢56 492 075,81					
Amortización		¢(5 649 207,58)	¢(5 649 207,58)	¢(5 649 207,58)	¢(5 649 207,58)	¢(5 649 207,58)
Gasto por Interés		¢(4 943 056,63)	¢(4 448 750,97)	¢(3 954 445,31)	¢(3 460 139,64)	¢(2 965 833,98)
Dividendos		¢1 391 634,20	¢(1 018 280,66)	¢(4 081 257,76)	¢(7 953 949,48)	¢(12 830 054,01)
<b>FNE del Recurso Propio</b>	<b>¢(14 123 018,95)</b>	<b>¢(13 839 410,68)</b>	<b>¢(7 721 970,35)</b>	<b>¢(80 718,11)</b>	<b>¢9 449 868,22</b>	<b>¢21 321 751,14</b>

Apéndice 13. Flujos netos de efectivo para los años seis, siete, ocho, nueve y diez de operación.

Año	2026	2027	2028	2029	2030
Inversión Inicial					¢15 775 996,23
Capital de Trabajo					¢42 743 408,77
Incremento en el Capital de Trabajo	¢(1 106 125,20)	¢(1 139 308,95)	¢(1 173 488,22)	¢(1 208 692,87)	¢(1 244 953,65)
Ingresos	¢392 909 389,76	¢485 636 005,74	¢600 246 103,10	¢741 904 183,43	¢916 993 570,72
Costo Variable	¢(228 814 851,88)	¢(282 815 156,93)	¢(349 559 533,96)	¢(432 055 583,98)	¢(534 020 701,80)
<b>Margen Bruto</b>	<b>¢164 094 537,88</b>	<b>¢202 820 848,82</b>	<b>¢250 686 569,14</b>	<b>¢309 848 599,45</b>	<b>¢382 972 868,92</b>
Costo Fijo	¢(73 741 679,75)	¢(75 953 930,15)	¢(78 232 548,05)	¢(80 579 524,49)	¢(82 996 910,23)
<b>Flujos Operativos</b>	<b>¢90 352 858,12</b>	<b>¢126 866 918,67</b>	<b>¢172 454 021,08</b>	<b>¢229 269 074,96</b>	<b>¢299 975 958,70</b>
Gasto por Depreciación (-)	¢(2 955 851,29)	¢(2 955 851,29)	¢(2 955 851,29)	¢(2 955 851,29)	¢(2 955 851,29)
Utilidad Antes de Impuestos	¢87 397 006,83	¢123 911 067,38	¢169 498 169,79	¢226 313 223,67	¢297 020 107,40
Impuesto Sobre la Renta (30%)	¢26 219 102,05	¢37 173 320,21	¢50 849 450,94	¢67 893 967,10	¢89 106 032,22
<b>Utilidad Después de Impuestos</b>	<b>¢61 177 904,78</b>	<b>¢86 737 747,16</b>	<b>¢118 648 718,85</b>	<b>¢158 419 256,57</b>	<b>¢207 914 075,18</b>
Gasto por Depreciación (+)	¢2 955 851,29	¢2 955 851,29	¢2 955 851,29	¢2 955 851,29	¢2 955 851,29
<b>FNE Proyecto</b>	<b>¢63 027 630,88</b>	<b>¢88 554 289,50</b>	<b>¢120 431 081,93</b>	<b>¢160 166 414,99</b>	<b>¢268 144 377,82</b>
Financiamiento					
Amortización	¢(5 649 207,58)	¢(5 649 207,58)	¢(5 649 207,58)	¢(5 649 207,58)	¢(5 649 207,58)
Gasto por Interés	¢(2 471 528,32)	¢(1 977 222,65)	¢(1 482 916,99)	¢(988 611,33)	¢(2 965 833,98)
Dividendos	¢(18 908 289,26)	¢(26 566 286,85)	¢(36 129 324,58)	¢(48 049 924,50)	¢(80 443 313,35)
<b>FNE Recurso Propio</b>	<b>¢35 998 605,72</b>	<b>¢54 361 572,42</b>	<b>¢77 169 632,78</b>	<b>¢105 478 671,59</b>	<b>¢179 086 022,91</b>

Apéndice 14. Lienzo del modelo de negocio para la empresa de servicio de recolección, tratamiento y valorización del vidrio laminado desechado.





## Anexos

Anexo 1. Resultados de las pruebas de vidrio laminado para la fabricación de clínker y como sustituto puzolánico en CEMEX.

	Índice de Puzolanidad (%)	
	7 días	28 días
Vidrio normal	69	70
Vidrio parabrisas	74	75

(Fuente: Cemex, 2019)

Anexo 2. Resultados para el análisis de PVB realizados por LASA.



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

Universidad de Costa Rica  
Escuela de Química.  
Laboratorios de Servicios  
Analíticos.



### Informe de Resultados

14 de marzo de 2019

### Informe de Análisis N° 018-19

#### INFORMACIÓN DEL CLIENTE

Nombre del solicitante: Natalia Vega Pérez  
Atención: Natalia Vega Pérez  
Correo electrónico: esther.vega@ucr.ac.cr  
Teléfono: 7057-2186

#### INFORMACIÓN DE LA (S) MUESTRA (S)

Muestreo realizado por: Cliente  
Fecha de recepción: 15 de febrero de 2019  
Entregada por: Natalia Vega Pérez  
Cantidad de muestras: 1

#### DESCRIPCIÓN DE LAS MUESTRAS:

A: Lámina plástica identificada por el cliente como: PVB de parabrisas.

#### DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA.

Fecha de análisis: 8 de marzo de 2019

Se siguió la metodología descrita en el ASTM D3418-15. *Métodos estándar para la determinación de temperaturas de transición, entalpías de fusión y cristalización de polímeros por calorimetría de barrido diferencial.*

Se utilizó el equipo modelo DSC 3<sup>+</sup> STAR<sup>®</sup> System, marca Mettler Toledo, Placa UCR 383785.

La medición se realizó utilizando tres programas de calentamiento con diferenciaciones en la temperatura de inicio y final, dado la variación en la temperatura de fusión de reportada para este polímero. (Ver cuadro I)

A continuación, se describe de manera general el programa de calentamiento:

- Calentar la muestra desde 50 °C por debajo hasta 30 °C por encima de la temperatura de fusión.
- Mantener la temperatura por 5 min.
- Enfriar a 50 °C por debajo de la temperatura de transición de interés.
- Mantener la temperatura por 5 min.
- Repetir el ciclo de calentamiento a) a d).

Este documento es propiedad del LASA. Se prohíbe la reproducción o distribución sin previa autorización.  
Cuidad Rodrigo Facio, San Pedro, Montes de Oca, Tel: 2511-8522.

Fecha de emisión: 19/01/18  
Versión N°4  
Página 1 de 5  
LASA-C1-F006



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

Universidad de Costa Rica  
Escuela de Química.  
Laboratorios de Servicios  
Analíticos.



## Informe de Resultados Informe de Análisis N° 018-19

**Cuadro I.** Temperatura de inicio y final de los programas de calentamiento aplicado para la determinación de la temperatura de transición vítrea.

Método	Temperatura inicial (°C)	Temperatura final (°C)
001	50	135
002	10	135
003	10	275

Todos los métodos se realizaron utilizando como atmósfera el aire y a una rapidez de calentamiento de 20 K min<sup>-1</sup>.

### Notas:

- Los resultados de este análisis se refieren solamente al material presentado como muestra.
- En los anexos a este informe se presentan los termogramas obtenidos para la muestra 018-19 utilizando los métodos de calentamiento descritos anteriormente.

ADRIAN FABRICIO  
CORDERO  
CALDERON (FIRMA)

Firmado digitalmente por  
ADRIAN FABRICIO CORDERO  
CALDERON (FIRMA)  
Fecha: 2019.03.14 11:57:52  
-06'00'

MGP Adrián Cordero Calderón  
Químico N.I. 2471  
Coordinador

Este documento es propiedad del LASA. Se prohíbe la reproducción o distribución sin previa autorización.  
Cuidad Rodrigo Facio, San Pedro, Montes de Oca, Tel: 2511-8522.

Fecha de emisión: 19/01/18  
Versión N°4  
Página 2 de 5  
LASA-C1-F006



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

Universidad de Costa Rica  
Escuela de Química.  
Laboratorios de Servicios  
Analíticos.



**Informe de Resultados**  
**Informe de Análisis N° 018-19**  
(Anexo)

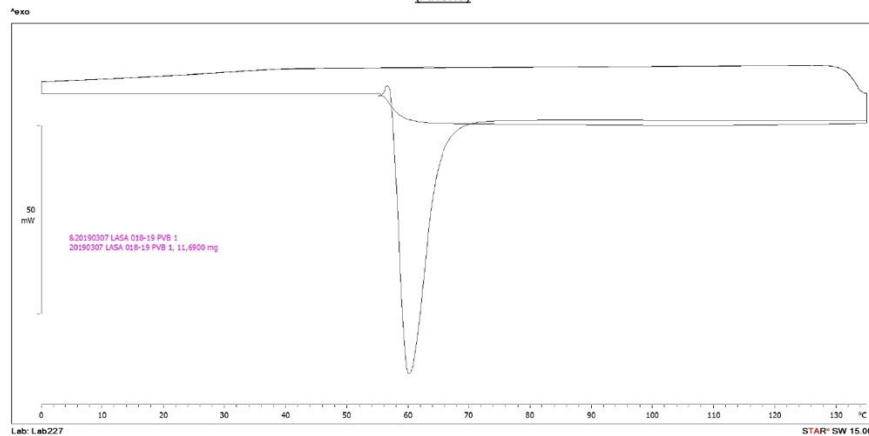


Figura 1. Termograma obtenido para la muestra 018-19-A aplicando el método de calentamiento 001.

Este documento es propiedad del LASA. Se prohíbe la reproducción o distribución sin previa autorización.  
Ciudad Rodrigo Facio, San Pedro, Montes de Oca, Tel: 2511-8522.

Fecha de emisión: 19/01/18  
Versión N°4  
Página 3 de 5  
LASA-C1-F006



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

Universidad de Costa Rica  
Escuela de Química.  
Laboratorios de Servicios  
Analíticos.



**Informe de Resultados**  
**Informe de Análisis N° 018-19**  
(Anexo)

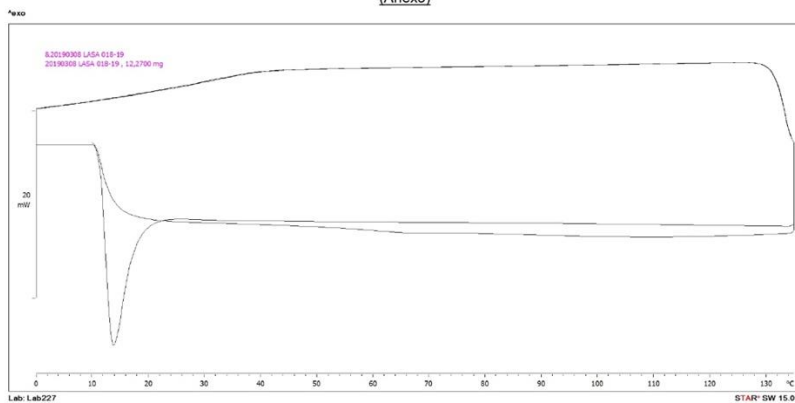


Figura 2. Termograma obtenido para la muestra 018-19-A aplicando el método de calentamiento 002.

Este documento es propiedad del LASA. Se prohíbe la reproducción o distribución sin previa autorización.  
Ciudad Rodrigo Facio, San Pedro, Montes de Oca, Tel: 2511-8522.

Fecha de emisión: 19/01/18  
Versión N°4  
Página 4 de 5  
LASA-C1-F006



UNIVERSIDAD DE  
COSTA RICA

Universidad de Costa Rica  
Escuela de Química.  
Laboratorios de Servicios  
Analíticos.



**Informe de Resultados**  
**Informe de Análisis N° 018-19**

(Anexo)

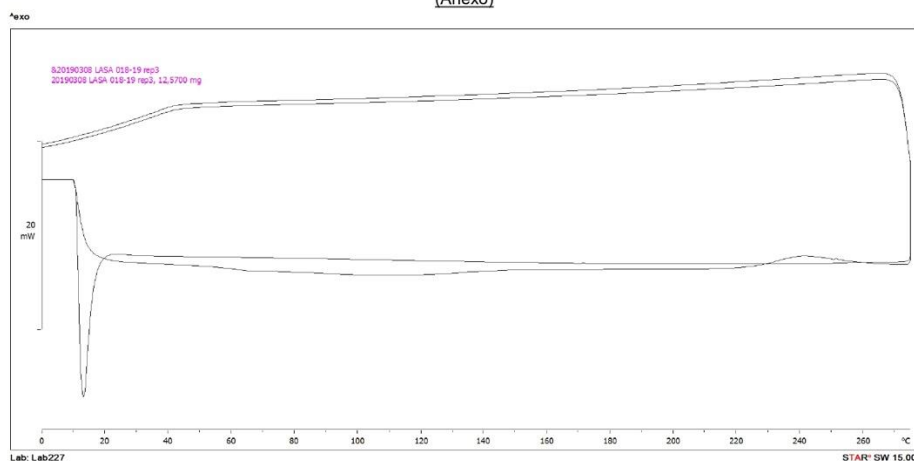


Figura 3. Termograma obtenido para la muestra 018-19-A aplicando el método de calentamiento 002.

Este documento es propiedad del LASA. Se prohíbe la reproducción o distribución sin previa autorización.  
Ciudad Rodrigo Facio, San Pedro, Montes de Oca, Tel: 2511-8522.

Fecha de emisión: 19/01/18  
Versión N°4  
Página 5 de 5  
LASA-C1-F006

Orden N° **NA**



LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES  
GRAVEDAD ESPECÍFICA DE AGREGADO FINO

<b>Proyecto:</b> Tesis	<b>Fecha:</b> 27/02/19
<b>Localización:</b> N.A	<b>Muestra:</b> 1
<b>Descripción:</b> Fragmentos de vidrio (material fino)	<b>Tecnico:</b> Judy C

Muestra N°		1
Balon N°		E-197
Metodo de extraccion, aire		VACIO
Peso del balon (gr)	Wb	159,57
Peso del balon (gr), (curva de calibración)	V	658,13
Peso muestra saturada superficie seca (gr)	Wsss	500,0
Peso balón + agua + muestra (gr)	Wpam	958,35
Temperatura del agua con la muestra en el balón.	C°	22,7
Peso de agua añadida (gr) (Wpam - Wsss)	Va	458,35
Cápsula N°	C	0-1
Peso muestra seca + cápsula (gr)	Ws+Wc	661,13
Peso cápsula (gr)	Wc	164,26
Peso muestra seca (gr)	Ws	496,87

**Peso específico bruto (Gb)**

$$\frac{Ws}{V - Va} = \frac{496,87}{199,78} = 2,487$$

**Peso específico saturado superficie seca (Gsss)**

$$\frac{Wsss}{V - Va} = \frac{500,00}{199,78} = 2,503$$

**Peso específico aparente (Ga)**

$$\frac{Ws}{(V - Va) - (Wsss - Ws)} = \frac{496,87}{196,65} = 2,527$$

**Absorción (%Abs)**

$$\frac{(Wsss - Ws) * 100}{Ws} = \frac{313,00}{496,87} = 0,630$$



Orden No. **NA**

**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**

**GRANULOMETRIA**

<b>PROYECTO:</b> Tesis	<b>FECHA:</b> 01/03/2019
<b>LOCALIZACION:</b> NA	<b>MUESTRA:</b> 1
<b>DESCRIPCION:</b> Fragmentos de vidrio (material grueso).	<b>TECNICO:</b> Jeudy C.

		<b>Peso inicial antes del lavado:</b>		<b>745</b>	
		<b>Peso final despues del lavado:</b>		<b>744</b>	
<b>Numero de malla</b>	<b>Masa retenida (gramos)</b>	<b>% de masa retenida</b>	<b>% de retenido acumulado</b>	<b>% pasando</b>	
( $\frac{3}{4}$ "	0,00	0,0	0,0	100	
( $\frac{1}{2}$ "	21,06	2,8	2,8	97	
( $\frac{3}{8}$ "	52,89	7,1	9,9	90	
(Nº 4)	386,11	51,8	61,8	38	
(Nº 8)	200,51	26,9	88,7	11	
(Nº 10)	29,86	4,0	92,7	7	
(Nº 16)	31,11	4,2	96,9	3	
(Nº 30)	13,76	1,8	98,7	1	
(Nº 40)	3,54	0,5	99,2	1	
(Nº 50)	1,91	0,3	99,4	1	
(Nº 100)	2,45	0,3	99,8	0	
(Nº 200)	0,50	0,1	99,8	0	
Charola	1				





**LABORATORIO DE SUELOS Y MATERIALES**  
**GRAVEDAD ESPECIFICA DE GRUESOS**

<b>Proyecto:</b> Tesis	<b>Fecha:</b> 27/02/19
<b>Localizacion:</b> NA	<b>Muestra:</b> 1
<b>Descripcion:</b> Fragmentos de vidrio (material grueso).	<b>Tecnico:</b> Jeudy C

A = PESO SECO DE LA MUESTRA = 1559 gr  
 B = PESO SATURADO SUP. SECA = 1570 gr  
 C = PESO SUMERGIDO = 941 gr

$G_{sss} = \frac{B}{B-C}$	=	$\frac{1570}{1570 - 941}$	=	$\frac{1570}{629}$	=	<span style="padding: 2px;">2,496</span>
$G_{sb} = \frac{507,6}{B-C}$	=	$\frac{1559}{1570 - 941}$	=	$\frac{1559}{629}$	=	<span style="padding: 2px;">2,479</span>
$G_{sa} = \frac{A}{A-C}$	=	$\frac{1559}{1559 - 941}$	=	$\frac{1559}{618}$	=	<span style="padding: 2px;">2,523</span>
$\%Abs = \frac{B-A}{A}$	=	$\frac{1570 - 1559}{1559}$	=	$\frac{1100}{1559}$	=	<span style="padding: 2px;">0,706</span>

**Cubos 50 mm x 50 mm**

% Cemento	7 días	14 días	28 días
0%	114 kN	119 kN	
5%	89 kN	95 kN	
10%	100 kN	104 kN	
15%	82 kN	89 kN	

Anexo 4. Granulometría de arena ASTM C-136

