



**USAL**  
**UNIVERSIDAD**  
**DEL SALVADOR**

***Ingeniería Industrial***

***Proyecto Industrial***

**GENERACIÓN ENERGÉTICA A PARTIR DE “PAPEL KRAFT” VÍA  
INCINERACIÓN CONTROLADA**

**Profesor:** Roberto Raul Rodriguez

**Alumno:** Franco Bella

**Año:** 2023

|  |           |
|--|-----------|
| <b>1) Introducción.....</b>                      | <b>3</b>  |
| 1.1) Introducción del proyecto.....              | 3         |
| 1.2) Situación Actual.....                       | 5         |
| 1.2.1) Productividad.....                        | 5         |
| 1.2.2) Maquinaria Actual.....                    | 6         |
| 1.2.3) Embalajes.....                            | 8         |
| 1.3) Procesos Actuales.....                      | 9         |
| 1.4) Calidad.....                                | 13        |
| <b>2) Proyecto de Generacion de Energia.....</b> | <b>14</b> |
| 2.1) Análisis de alternativas.....               | 14        |
| 2.2) Razones para el reciclar papel.....         | 17        |
| 2.3) Limitaciones.....                           | 18        |
| <b>3) Marco Teórico o Estado del Arte.....</b>   | <b>19</b> |
| 3.1) Nacional.....                               | 19        |
| 3.2) Resto del mundo.....                        | 21        |
| <b>4) Desarrollo del proyecto.....</b>           | <b>23</b> |
| 4.1) Gantt implementación.....                   | 23        |
| 4.2) Metodología y procedimientos.....           | 23        |
| 4.3) PLANTA DE INCINERACIÓN.....                 | 25        |
| 4.3.1) Estación 1.....                           | 25        |
| 4.3.2) Estación 2.....                           | 26        |
| 4.3.3) Estación 3.....                           | 29        |
| 4.3.4) Estación 4.....                           | 30        |
| 4.4) Gantt de la Metodología de Reciclado.....   | 31        |
| 4.5) Recursos.....                               | 32        |
| 4.5.1) Personal.....                             | 32        |
| 4.5.2) Equipos y Maquinaria.....                 | 32        |
| 4.5.3) Conexión a red eléctrica.....             | 37        |
| 4.5.4) Infraestructura.....                      | 40        |
| 4.6) Administración de riesgos.....              | 41        |
| 4.6.1) Control de combustión.....                | 42        |
| 4.6.2) Riesgos de incendio.....                  | 43        |
| 4.6.3) Seguridad e higiene.....                  | 45        |
| <b>5) Justificación técnico-económica.....</b>   | <b>45</b> |
| 5.1) Costos.....                                 | 48        |
| <b>6) Conclusión.....</b>                        | <b>57</b> |
| <b>7) Referencias.....</b>                       | <b>59</b> |

# 1) Introducción

## 1.1) Introducción del proyecto

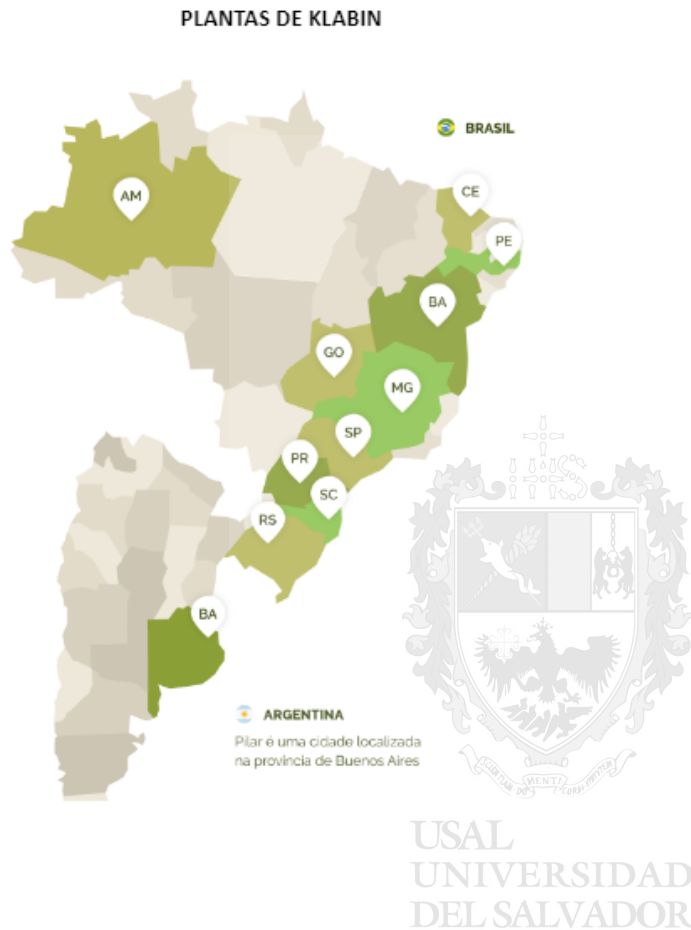
Este proyecto de investigación se basa en el estudio de una posible mejora en la empresa Klabin, en la cual estoy trabajando. El objetivo principal es evaluar si existen beneficios al reciclar los productos defectuosos para la obtención de energía, en lugar de venderlos como residuo. Esta iniciativa no solo busca optimizar los recursos internos de la empresa, sino también contribuir a la sostenibilidad ambiental al reducir la cantidad de desechos industriales.

Klabin es una empresa líder en el mercado de embalajes de cartón corrugado y bolsas industriales. Con más de 120 años de historia, Klabin se ha consolidado como la mayor productora y exportadora de papeles para embalaje de Brasil. La empresa cuenta con 23 plantas industriales en Brasil y una en Argentina, demostrando su capacidad de producción y su compromiso con la calidad y la innovación.

Esta investigación se centra exclusivamente en la planta de Argentina, inaugurada en 2004 y ubicada en Calle del Canal, 467 - Parque Industrial de Pilar, Buenos Aires, Argentina. Esta planta ha sido un pilar fundamental en la expansión de Klabin en el mercado internacional, y su ubicación estratégica en el Parque Industrial de Pilar facilita la logística y distribución de sus productos.

El estudio analizará diversos aspectos técnicos y económicos del reciclaje de productos defectuosos, incluyendo la viabilidad de los procesos de conversión de residuos en energía, el impacto en los costos operativos y los beneficios ambientales. Se espera que los resultados de

esta investigación proporcionen una base sólida para la toma de decisiones estratégicas en Klabin, promoviendo prácticas más sostenibles y eficientes en la industria del embalaje.



## 1.2) Situación Actual

### 1.2.1) Productividad

La fábrica en cuestión opera y produce de lunes a sábados, siguiendo un régimen de tres turnos. El turno mañana abarca desde las 6 a.m. hasta las 2 p.m., seguido del turno tarde que va de las 2 p.m. a las 10 p.m. Finalmente, el turno noche cubre desde las 10 p.m. hasta las 6 a.m. del día siguiente. En cada uno de estos turnos, la fábrica cuenta con un promedio de 60 empleados,

quienes se dividen entre personal administrativo y operarios, asegurando así el buen funcionamiento de las operaciones en todo momento.

En esta fábrica se dedican exclusivamente a la producción de bolsas de papel madera, conocidas específicamente como bolsas de papel kraft. Este tipo de papel, caracterizado por su resistencia y durabilidad, es importado desde Brasil en grandes bobinas que pesan aproximadamente 600 kilogramos cada una. Estas bobinas son almacenadas durante un período prolongado antes de ser utilizadas en el proceso de fabricación de las bolsas.

Brasil, el país de origen de este papel kraft, alberga un total de 23 plantas productoras que, en conjunto, producen alrededor de 2,6 millones de toneladas de papel al año. Este volumen de producción implica una gestión constante de los recursos forestales, con actividades de poda y plantación de nuevos árboles de manera regular. Para llevar a cabo esta labor, Brasil cuenta con 549.000 hectáreas de bosque, una extensión que es casi tres veces el tamaño de São Paulo, la ciudad más grande del país. Estas hectáreas están distribuidas en dos grandes reservas privadas: Granja Monte Alegre en Pernambuco y Serra da Farofa en Santa Catarina. En estas reservas, se plantan aproximadamente 84 árboles por minuto, lo que demuestra un compromiso significativo con la sostenibilidad y la regeneración del recurso forestal.

### **1.2.2) Maquinaria Actual**

En cuanto a la maquinaria, la fábrica se organiza en dos líneas principales: “GIGA 1” y “GIGA 2”. La línea “GIGA 1” se especializa en la producción de bolsas de cemento, cal, y otros materiales de construcción. Por otro lado, la línea “GIGA 2” está destinada a la fabricación de bolsas para alimentos, ya que está equipada con una serie de sensores que detectan objetos

metálicos en los productos, lo cual es crucial para prevenir riesgos para la salud en caso de que dichos objetos sean consumidos.

Estas dos líneas de producción, a su vez, se dividen en una serie de sub máquinas. El proceso de producción comienza con la bobina de papel, que se traslada a la línea correspondiente según el tipo de bolsa que se quiera producir. Inicialmente, la bobina pasa por la máquina llamada "tubera", donde se le da forma circular y se le aplica un pegamento especial. Luego, un cabezal aplasta la bobina, cerrando los costados para formar la estructura básica de la bolsa.

Después, el proceso continúa en la máquina conocida como "fondera". Esta máquina se encarga de abrir la base de la bolsa y de cerrarla tanto en la parte superior como en la inferior, dejando un pequeño pliegue. Este pliegue permite que cada comprador pueda llenar la bolsa con el material de su elección mediante una manguera.

Finalmente, las bolsas pasan a las paletizadoras, que se encargan de almacenarlas de manera totalmente automática. Las paletizadoras las organizan con precisión para minimizar el movimiento y las presionan hidráulicamente con el fin de reducir la cantidad de aire en su interior. Cada pallet puede contener aproximadamente 3,400 bolsas.



Es importante saber que entre cada una de las subpartes de cada línea hay una bandeja de recepción en donde caen todas las bolsas que tengan una mínima falla o rotura, y son llamadas