

# **ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**



## **Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

“DISEÑO DE PLANTA INDUSTRIAL, COMPRA E IMPORTACIÓN DE MAQUINARIA, NACIONALIZACIÓN, POSICIONAMIENTO, MONTAJE, INSTALACIÓN, AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE MAQUINARIA Y EQUIPOS PERIFÉRICOS, DE PLANTA DE RECICLAJE DE POLIETILENO DE BAJA Y ALTA DENSIDAD, CON UNA CAPACIDAD DE PROCESAMIENTO (A LA SALIDA) DE POLIETILENO PELETIZADO DE 2,200 TM ANUALES”.

### **EXAMEN DE GRADO (COMPLEXIVO)**

Previa a la obtención del GRADO de:

### **INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIDAD ELECTRÓNICA.**

**ANTONIO VALENTÍN ÁLVAREZ MONTERO**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**AÑO: 2015**

## AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento para Fabiola, mi esposa, sin su ayuda y soporte no hubiese sido posible la realización de este trabajo.

## DEDICATORIA

El presente proyecto lo dedico a mis padres,  
Ellos ya no están físicamente, pero siempre  
me han acompañado espiritualmente.

## TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



**Dr. Wilton Agila**

EVALUADOR



**Mg. Hólger Cevallos**

EVALUADOR

## DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad por los hechos, ideas y doctrinas expuestas en este Informe me corresponde exclusivamente; y, el patrimonio intelectual de la misma, a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL"

(Reglamento de Graduación de la ESPOL).



---

Antonio Valentín Álvarez Montero

## RESUMEN

El presente documento es *la memoria del Proyecto* desarrollado en la empresa Emaris S.A. en el periodo comprendido entre el 03 de mayo del 2010 y el 24 de marzo del 2012.

El principal accionista de Emaris S.A., preocupado por los pobres indicadores de gestión que su empresa había presentado durante 8 años consecutivos, contrata a un profesional para que realice el siguiente Proyecto el que está resumido en los siguientes puntos:

- Evaluación de la situación integral de Emaris como empresa productora de materias primas recicladas.
- Elaboración de propuesta que permita que permita cambiar drásticamente la situación de Emaris S.A.
- Implementación y ejecución de la propuesta.

El objeto social de Emaris S.A. es la transformación de plásticos reciclados en materias primas para fábricas de plástico. La empresa es miembro de un grupo empresarial dedicado al reciclaje de diferentes materiales post consumo (papel, cartón, plástico, metales).

Otra de las empresas del grupo, Procesadora de Plásticos Proceplas S.A. industrializa materias primas plásticas y las convierte en mangueras flex para transporte de líquidos, plástico film de uso diverso y tubos de PVC para construcción.

La demanda de materia prima de Proceplas al momento de iniciar el proyecto era de 1,800 TM anuales, esta demanda no solo que no era satisfecha por Emaris sino que pagaba por estos materiales precios sustancialmente más altos a los de mercado.

Objetivos esperados que se cumplan con la realización del Proyecto:

1. Satisfacer la demanda de materia prima de Proceplas.
2. Mantener la relación de Emaris como empresa de servicios de Proceplas.
3. Cumplir con los parámetros de calidad.
4. Evitar generar pérdidas económicas.
5. Disminuir el precio de venta a un 85% del precio de mercado.
6. Recuperar la inversión en un periodo no mayor a 3 años

Antes del proyecto, Emaris procesaba 300 TM anuales de plástico; en 8 años de experiencia no había podido aumentar sus volúmenes ni cumplir con los parámetros de calidad, además generaba importantes pérdidas contables.

## ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....	iv
DECLARACIÓN EXPRESA .....	v
RESUMEN .....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	viii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES .....	ix
ÍNDICE DE TABLAS .....	ix
INTRODUCCIÓN .....	x
CAPÍTULO 1 .....	1
1. METODOLOGÍA O SOLUCIÓN TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA.....	1
1.1 Situación inicial de la empresa y descripción del problema. ....	1
1.2 Objetivos del Proyecto. ....	5
1.3 Características del Proyecto. ....	8
1.4 Diseño de Procesos.....	10
1.5 Diseño de Planta.....	15
1.6 Mecanización y automatización de Procesos .....	20
1.7 Compra de Maquinaria .....	22
CAPÍTULO 2.....	22
2 RESULTADOS OBTENIDOS.....	23
2.1 Inversión requerida para instrumentación del Proyecto .....	23
2.2 Presupuesto Mensual de Operación.....	31
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	39
BIBLIOGRAFÍA.....	47
ANEXOS.....	48

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Fig. 0.1: Rollos de manguera flex .....	xi
Fig. 0.2: Tubo de PVC fabricado por Proceplas.....	xii
Fig. 0.3: Diagrama Esquemático del reciclaje en Ecuador.....	xiv
Fig. 1.1: Ocupación inicial de terreno de Emaris.....	5
Fig. 1.2: Diagrama de Procesos, operación de Emaris.....	15
Fig. 1.4: Ubicación de Emaris, Proceplas y Reciplásticos .....	16
Fig. 1.5: Galpón en construcción .....	19
Fig. 1.6: Distribución de planta.....	20
Fig. 2.1: Muro de refuerzo, en etapa de construcción.....	24
Fig. 2.2: Desembarco de línea de reciclaje.....	25
Fig. 2.3: Máquina aglutinadora.....	27
Fig. 2.4: Pellets de polietileno reciclado.....	27
Fig. 2.5: Placa de transformador usado, antes de mantenimiento .....	29
Fig. 2.6: Transformador 750 KVA usado, antes de mantenimiento.....	29
Fig. 2.7: Plástico aglutinado.....	33

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.1: Presupuesto mensual antes del Proyecto.....	2
Tabla 1.2: Situación inicial de Emaris .....	4
Tabla 1.3: Mecanización de procesos, cuadro comparativo .....	22
Tabla 2.1: Inversión requerida para el Proyecto .....	31
Tabla 2.2: Plan de Operación Mensual.....	34
Tabla 2.3: Presupuesto Mensual de Operación luego del Proyecto .....	35
Tabla 2.4: TIR y VAN del Proyecto .....	36

## INTRODUCCIÓN

**Entorno Empresarial.-** Para una adecuada comprensión de los objetivos del Proyecto así como de sus resultados, es necesario conocer el entorno empresarial en el cual se lo realizó.

El proyecto se desarrolló en Emaris, empresa miembro de un grupo empresarial denominado Grupo Mario Bravo, grupo que cuenta con más de 40 años de actividad en el reciclaje de diversos materiales: papel, cartón, plástico (de varios tipos), vidrio (en sus inicios, luego se discontinuó esta línea), metales ferrosos, metales no ferrosos (actividad que realiza la empresa más grande del Grupo), chatarra electrónica.

Con el desarrollo de las actividades fueron creándose empresas para el tratamiento adecuado de cada uno de los materiales reciclados. En el año 1995 es creada la empresa Procesadora de Plásticos Proceplas S.A. con el propósito de industrializar el plástico reciclado; este plástico reciclado, luego de un proceso de recuperación e industrialización, es convertido en mangueras de tipo flex para transporte de líquidos, especialmente agua para riego en agricultura. La figura 0.1 muestra rollos de manguera flex producidos por Proceplas.



**Fig. 0.1: Rollos de manguera flex**

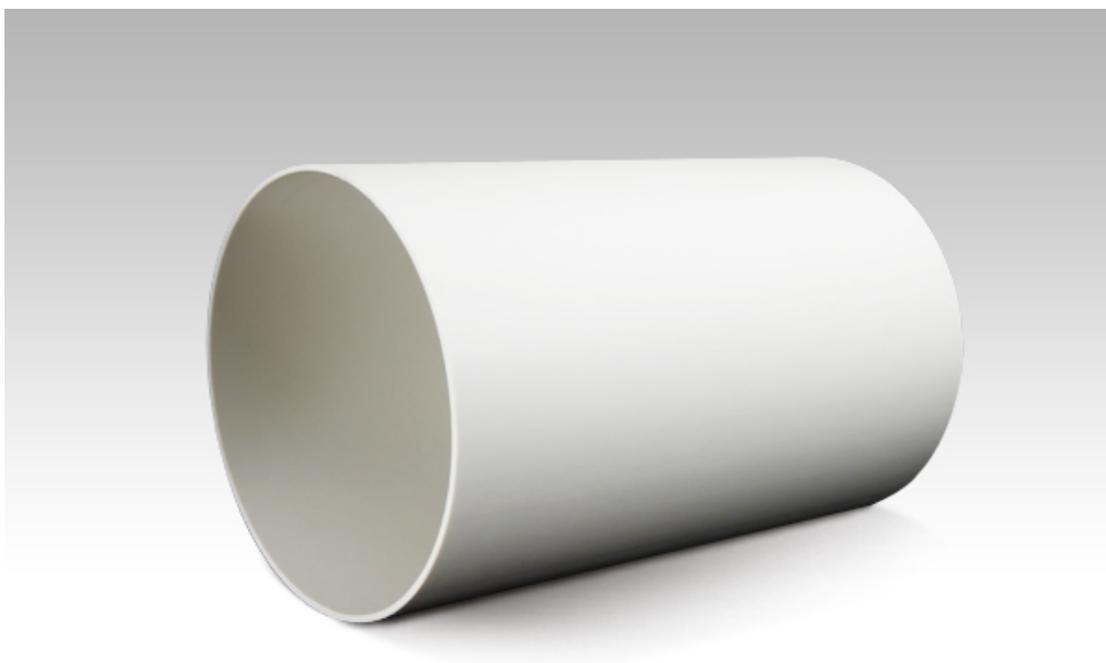
Emaris S.A. es una compañía de servicios, creada en el año 2002 con el propósito de proveedor a Proceplas de materias primas recicladas para su proceso industrial; Proceplas quien en sus orígenes también había realizado actividades de reciclaje, deja de realizarlas y busca especializarse en la fabricación de tubería como su “*core business*”.

Las principales materias primas que utiliza Proceplas son pellets de polietileno de baja densidad, pellets de polietileno de alta densidad y PVC en polvo.

Con las dos materias primas de polietileno, Proceplas fabrica mangueras de tipo flex para transporte de líquidos, y plástico film para construcción; con el PVC fabrica

tubos para desagüe, tubos para transporte de agua potable y tubos conduit para instalaciones eléctricas.

Las mangueras flex son fabricadas por un proceso de extrusión usando como principal materia prima polietileno de baja densidad y polietileno de alta densidad en una proporción menor, las dos son materias primas recicladas; los tubos de PVC son fabricados con materia prima virgen. En la figura 0.2 se muestra tubería de PVC fabricada por Proceplas.



**Fig. 0.2: Tubo de PVC fabricado por Proceplas**

Recicladora de Plásticos Reciplásticos S.A. Es una empresa creada en el año 2007 con el objeto principal de reciclar plásticos, principalmente PET (polietileno tereftalato) material con el que se fabrican las botellas de agua y de gaseosas; además del PET, y para aprovechar la infraestructura de compras (camiones, bodegas) la empresa también se dedica a reciclar polietileno post consumo, tanto de

baja como de alta densidad. Su principal (único) cliente de polietileno de baja densidad es Proceplas, quien a su vez entrega este material a EMARIS.

Como previamente se ha mencionado, las tres empresas forman parte de un grupo empresarial cuya actividad es el reciclaje de diferentes materiales.

El grupo tiene una amplia trayectoria en estas actividades y podría afirmarse que es el principal grupo económico de Ecuador en materia de reciclaje. La figura 0.3 muestra el diagrama esquemático del reciclaje en Ecuador.

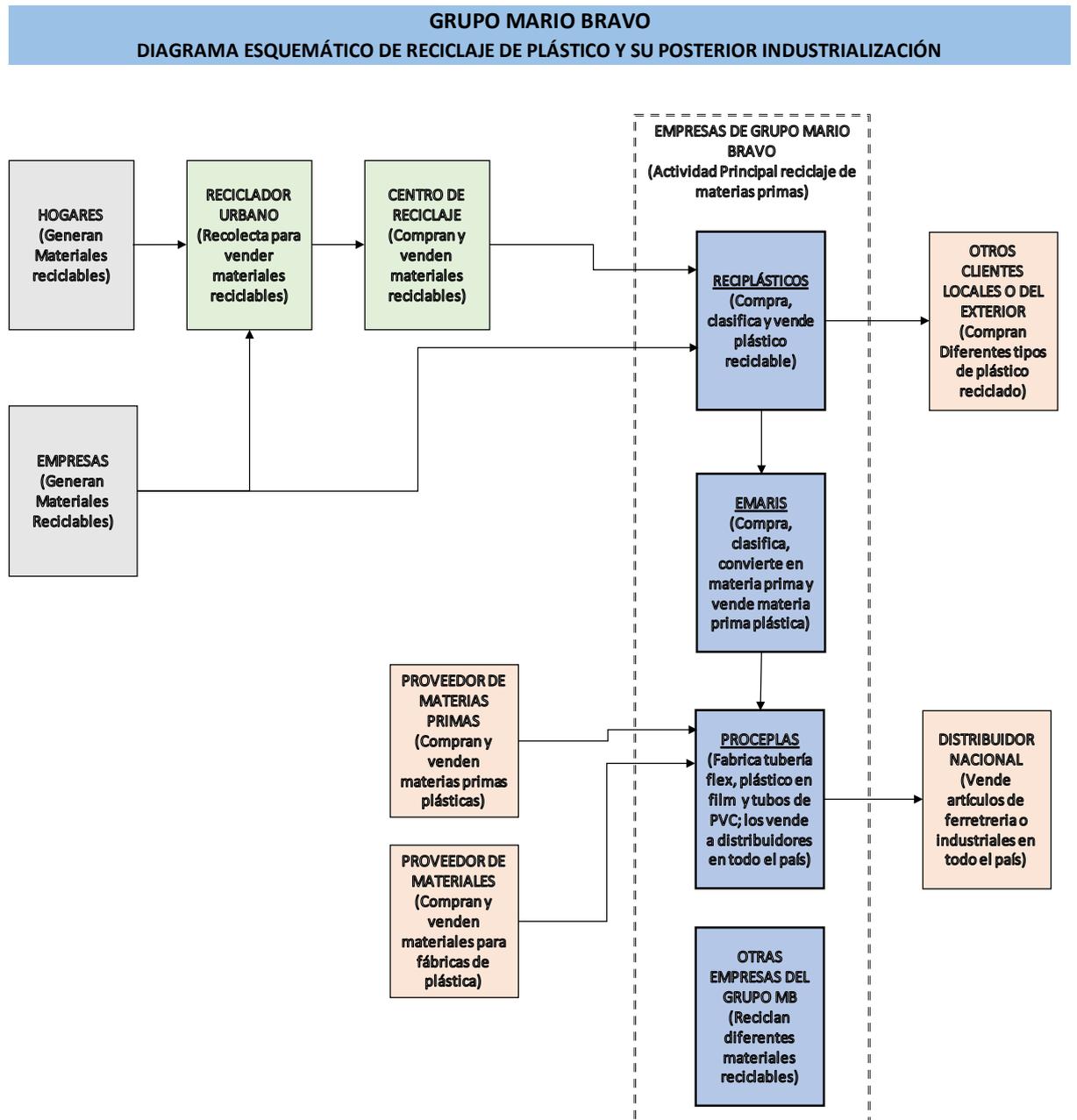


Fig. 0.3: Diagrama Esquemático del reciclaje en Ecuador

## **CAPÍTULO 1**

### **1. METODOLOGÍA O SOLUCIÓN TECNOLÓGICA IMPLEMENTADA**

#### **1.1 Situación inicial de la empresa y descripción del problema.**

La situación de Emaris al inicio del Proyecto se podía considerar como crítica, había sido creada 8 años atrás con el propósito de que fuera una empresa de servicios de Proceplas, que se encargara de suministrarle toda la materia prima (polietileno) que esta requiriese.

El propósito empresarial, siendo válido, nunca llegó a cumplirse, ni en volumen de materia prima requerida, ni en el precio, así como tampoco en la calidad mínima que debía tener la materia prima.

En la tabla 1.1 se muestra el Presupuesto Mensual de Operación de Emaris antes del Proyecto.

<b>EMARIS S.A.</b>			
<b>PRESUPUESTO MENSUAL DE OPERACIÓN, ANTES DE PROYECTO</b>			
Precio de materia prima, film reciclado sucio (por Kg)		0.26	
Cantidad Comprada (Kg)		40,000	
Valor Pagado (\$)		10,400	
Desperdicio (humedad, tierra, materiales extraños)	38%	15,200	
Cantidad real de materia prima		24,800	
Precio real de materia prima		0.4194	
<b>DETALLE DE GASTOS</b>			
<b>MANO DE OBRA</b>	<b>NÚMERO DE EMPLEADOS</b>	<b>SUELDO Y BENEFICIOS</b>	<b>TOTAL</b>
Recepción y bodega	1	569.40	569.40
Clasificación y corte (manual, corte con cuchillo)	8	379.60	3,036.80
Lavado (en Tina)	6	379.60	2,277.60
Tendalero (secado)	1	379.60	379.60
Aglutinadora	3	390.00	1,170.00
Ensacador	1	379.60	379.60
Ayudante	1	379.60	379.60
Supervisor	1	715.00	715.00
Gerente	1	1,800.00	1,800.00
<b>TOTAL MOD, MOI Y ADMINISTRACIÓN</b>	<b>23</b>		<b>10,707.60</b>
<b>SERVICIOS Y GASTOS DE OPERACIÓN</b>			
Electricidad (Kw/h)	10,000	0.054	540.00
Agua (promedio)	500	1	500.00
Sacos, hilo y otros materiales de empaque	992	0.15	148.80
Mantenimiento	800	1	800.00
Desalojo de materiales (lodos)	200	1	200.00
<b>TOTAL SERVICIOS Y GASTOS DE OPERACIÓN</b>			<b>2,188.80</b>
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>			
Servicios contables, permisos, celular, etc	1,000.00	1	1,000.00
<b>TOTAL GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>			<b>1,000.00</b>
<b>TOTAL MATERIA PRIMA, SERVICIOS Y GASTOS DE OPERACIÓN</b>			<b>24,296.40</b>
Materia prima procesada (Kg) / <b>AGLUTINADA</b> /			<b>24,800</b>
Costo de materia prima, para la venta (\$/Kg)			0.98
Precio de Mercado de Materia Prima (\$/Kg) / <b>AGLUTINADA</b> /			0.65
<b>Pérdida en costo unitario de materia prima (\$/Kg)</b>			<b>- 0.33</b>
<b>Pérdida en Proceso (Anual)</b>			<b>98,116.80</b>

Tabla 1.1: Presupuesto mensual antes del Proyecto

Como se puede observar, el presupuesto presentaba un importante déficit, este déficit estaba originado en el bajo nivel de producción resultante de numerosas tareas manuales que agregaban poco valor al proceso de producción.

También es necesario destacar que la materia prima que en esa época entregaba Emaris a Proceplas era plástico aglutinado y no plástico peletizado que era lo que necesitaba.

A pesar de que esta situación se repitió varios años, siempre había la expectativa de los dueños de la empresa que la misma cambiaría el siguiente año.

Es necesario destacar que siendo Emaris una empresa de servicios, se previó que no tuviere activos fijos (terrenos, galpón industrial, maquinaria, vehículos, etc.). Tampoco tenía determinados activos corrientes, especialmente inventario. Todos los activos pertenecían a Proceplas y de esa forma se instrumentó el Proyecto.

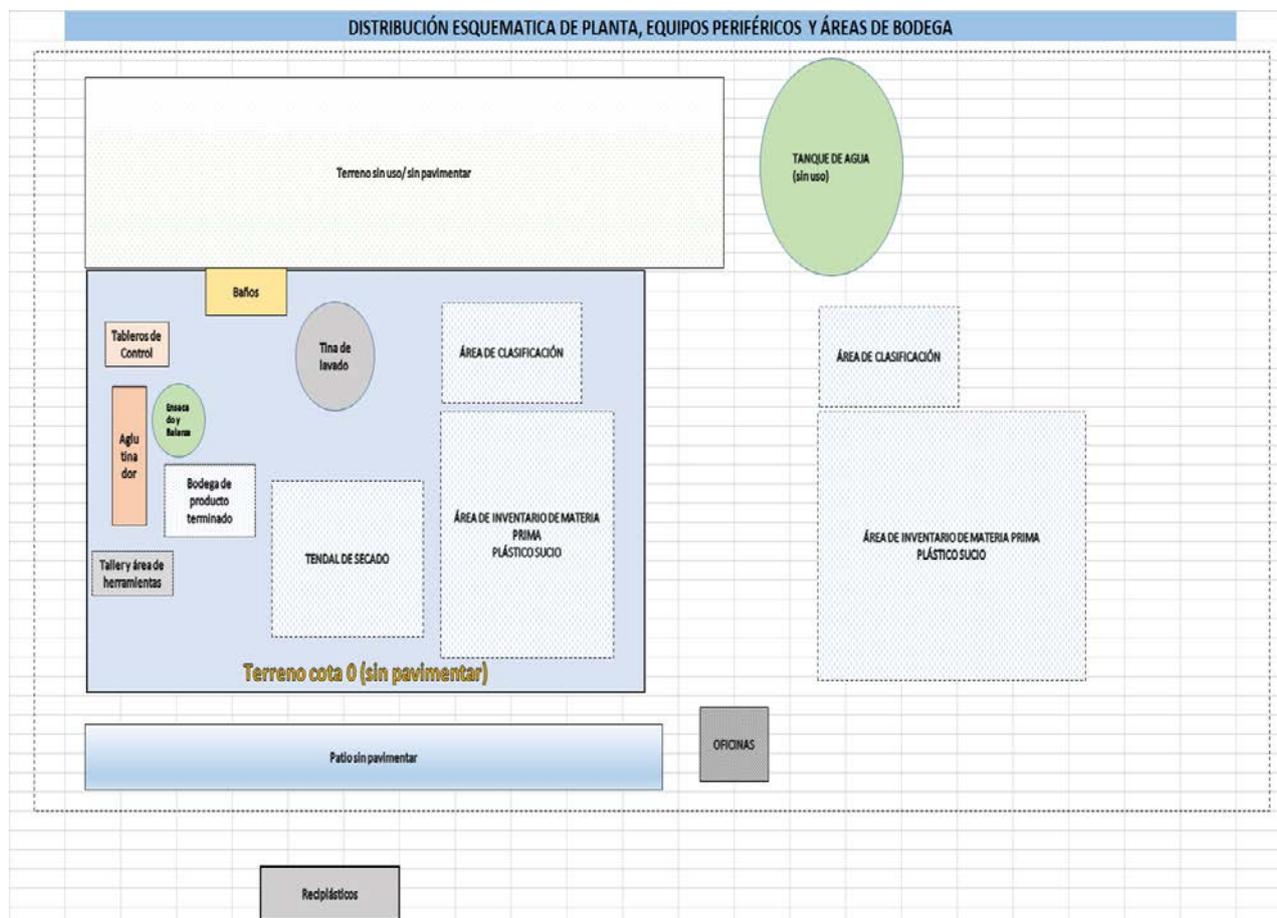
En la tabla 1.2 se ilustra el estatus de Emaris antes de empezar el Proyecto.

<b>ESTATUS DE LA EMPRESA ANTES DE PROYECTO</b>		
<b>RUBRO</b>	<b>VALOR</b>	<b>%</b>
Tiempo de creación de la empresa (años)	8	
Volumen producido en último año (Kg)	300,000	
Volumen requerido por Proceplas	1,800,000	
<b>Déficit de Producción</b>	<b>1,500,000</b>	<b>83%</b>
Costo de Producción (\$/Kg)	980	
Precio de Mercado	650	
<b>Déficit en Precio</b>	<b>330</b>	<b>50.77%</b>
Área disponible para proceso producción (m2)	6,000.00	
<b>OTROS</b>		
No cumplimiento de parámetros legales laborales		
No cumplimiento de parámetros legales tributarios		
No cumplimiento de parámetros legales societarios		
No cumplimiento de parámetros legales medio ambientales		
Ausencia de información contable		
Bajo nivel de satisfacción laboral		
Bajo nivel de satisfacción de accionistas		

Tabla 1.2: Situación inicial de Emaris

Para el desarrollo de sus actividades productivas, Emaris utiliza un terreno cuya área podría considerarse grande. Sin embargo el terreno, al inicio del Proyecto, no estaba pavimentado ni contaba con la infraestructura para realizar un adecuado proceso industrial.

En la figura 1.1 se muestra la ocupación inicial del terreno de Emaris.



**Fig. 1.1: Ocupación inicial de terreno de Emaris**

## 1.2 Objetivos del Proyecto.

Los objetivos que se fijaron alcanzar con la realización del Proyecto son los siguientes:

1. Satisfacer la demanda de materia prima de Proceplas.
2. Mantener la relación de Emaris como empresa de servicios de Proceplas.
3. Cumplir con los parámetros de calidad.
4. Evitar generar pérdidas económicas.

5. Disminuir el precio de venta a un 85% del precio de mercado.
6. Recuperar la inversión en un periodo no mayor a 3 años

El autor de este documento participó como Director de Proyecto en sus diferentes etapas, siendo las principales las siguientes:

- Evaluación del estatus inicial de Emaris
- Identificación de los objetivos que deberían cumplirse con la realización del Proyecto.
- Identificación de la solución (integral) física, tecnológica y administrativa requerida para conseguir los objetivos propuestos.
- Obtención de financiamiento del Proyecto.
- Diseño de Procesos industriales
- Diseño físico de planta industrial
- Identificación de proveedores de obra civil, maquinaria, periféricos y otros bienes y servicios necesarios para la realización del Proyecto.
- Negociación de condiciones comerciales con los proveedores designados en el punto anterior; incluye definición y cumplimiento de protocolos de funcionamiento y pruebas de arranque.
- Importación y nacionalización de activos adquiridos en el exterior.

- Instalación, montaje y puesta en marcha de maquinaria, periféricos y equipos complementarios.
- Informe de resultados a los accionistas.

Las alternativas que tiene Proceplas para aprovisionarse de materia prima y satisfacer sus necesidades de fabricación son básicamente:

- a. Compra local.- En Ecuador existe una oferta no continua de personas y empresas que se dedican a la recuperación de plásticos reciclados.
- b. Importar.- Existe una amplia oferta de estas materia primas a nivel internacional; sin embargo barreras de transporte y otros criterios de índole personal de los accionistas disminuyen esta alternativa como factible.
- c. Comprar a la empresa filial Emaris.

Al momento de empezar el Proyecto, Proceplas hacía uso de las alternativas a y c pero no se sentía satisfecha con los resultados obtenidos con estas modalidades.

Desventajas y ventajas de la primera alternativa. Comprar a un proveedor externo local tiene las siguientes desventajas:

1. Ausencia de proveedores estables o continuos que garanticen volumen y calidad requerida.
2. Alta variabilidad en el precio de compra.
3. Riesgo de aumentar competencia en la actividad del reciclaje.

Como ventaja se podría mencionar la siguiente:

No existen relaciones de dependencia (ni laborales ni tributarias) con el proveedor; en esta actividad este hecho es particularmente importante, ya que el nivel de informalidad en el reciclaje es considerablemente alto.

### 1.3 Características del Proyecto.

El proyecto se caracteriza por ser una propuesta factible para solucionar un problema real y agudo de una empresa ecuatoriana, un problema cuya solución se había buscado durante aproximadamente 8 años a través de la aplicación de diferentes alternativas, sin embargo ninguna de estas alternativas había sido satisfactoria.

Con este antecedente se visualizó al Proyecto como un *proyecto integral*, que requiere la unión de diversas áreas de conocimiento, el enfoque fue administrativo-técnico.

1. En el enfoque administrativo se incluyó, entre otras, las siguientes áreas:
  - a. **Derecho laboral.-** En la empresa motivo del Proyecto, no se estaban cumpliendo adecuadamente las obligaciones laborales vigentes; el Proyecto buscaba no solamente corregir estas deficiencias y cumplir con las obligaciones básicas laborales sino que procuraba mejorar el nivel de ingresos de todos los empleados así como también mejorar sus condiciones de trabajo; esto se conseguiría en base a un aumento de volúmenes de producción con costos radicalmente inferiores.
  - b. **Contabilidad de costos.-** La empresa motivo del Proyecto, no contaba a la fecha con un adecuado sistema de determinación de sus costos de

operación, esto a pesar de ser una empresa de procesos operativos relativamente sencillos. El proyecto propuso establecer topes en las principales áreas de costos y gastos: mano de obra, costos de operación y gastos administrativos.

- c. **Organización y métodos.-** Es un área que tiene estrecha relación con los costos; un inadecuado manejo de tiempos, movimientos, ubicación de máquinas, de bodegas, repetición de tareas, “*know how*” inadecuado o inexistente, inciden en costos altos.
2. **Conocimiento técnico.-** Se requirió diversos conocimientos técnicos para identificar la solución (en maquinaria, equipos periféricos y otros equipos) más adecuada para la implementación de la solución propuesta en el Proyecto. La solución técnica obligatoriamente debía ser coherente con la realidad económica de la empresa y con los objetivos del Proyecto.

Las principales actividades que se realizaron en este aspecto fueron:

- a. **Definir la capacidad de la maquinaria a instalarse.-** Pudiere parecer obvio que la maquinaria a adquirir coincida con la capacidad de producción buscada, sin embargo esto no necesariamente es una tarea simple, deben considerarse aspectos diversos como crecimiento futuro; posibles discrepancias entre capacidad nominal ofrecida por el fabricante y capacidad real conseguida por la empresa. Este aspecto tenía especial importancia considerando el origen de fabricación de la maquinaria (que para el Proyecto fue China).

- b. Identificar la maquinaria que presente la mejor solución al problema que la empresa busca solucionar. Para el caso del Proyecto existen en el mercado internacional múltiples alternativas de maquinaria que aparentemente brindan soluciones adecuadas y seguramente también hay opciones que no lo solucionan. Lo indispensable fue elegir aquella maquinaria que estuviera en el primer grupo.
- c. Identificar al fabricante de maquinaria que pueda proveer la maquinaria en los términos que son factibles para la empresa.
- d. Verificar la reputación y experiencia del fabricante.
- e. Negociar términos comerciales y concretar la compra.
- f. Realizar seguimiento del proceso de fabricación.
- g. Realización de protocolos de pruebas de funcionamiento.
- h. Realizar proceso de importación y posterior nacionalización.
- i. Identificar el o los profesionales idóneos para realizar montaje, pruebas y puesta en marcha de la maquinaria (si es que no lo realiza el fabricante).
- j. Plan de mantenimiento para prolongar la vida útil de la maquinaria.
- k. Identificación de los equipos periféricos necesarios para que la maquinaria funcione adecuadamente.- Dentro de este grupo están los equipos eléctricos, los neumáticos, los de traslado de material y otros equipos auxiliares.
- l. Además de los aspectos técnicos inherentes a máquinas y periféricos, se requiere atender diversos aspectos como por ejemplo el medio ambiental (implementación de un sistema de tratamiento de aguas residuales).

#### **1.4 Diseño de Procesos**

El proceso industrial de Emaris que le permite convertir plástico film post consumo en materia prima en forma de pellets debe incluir las siguientes etapas:

1. **Recepción.-** Es un proceso realmente importante, siendo las siguientes aspectos los más destacados:
  - a. Que la cantidad de producto que llega sea la que se registre en el ingreso de bodega. Anteriormente hubo diferencias de inventario considerables.
  - b. Revisión de la calidad del producto que llega; es frecuente en este tipo de actividad que los proveedores mojen el material para que este pese más. En este caso, por el hecho de que la compra es realizada al peso, se estaría comprando agua.
  - c. Ubicación en bodega, debido a que el terreno de Emaris es grande, antes del Proyecto era frecuente ubicar la materia prima sin un orden pre establecido; esto ocasionaba que hubiere materia prima antigua, que estaba siendo deteriorada por el sol y que las distancias desde el punto de bodega hasta el centro de utilización fueren considerables.
2. **Clasificación.-** Es una etapa en la que se separan materiales que no son polietileno de baja densidad. Esta etapa es indispensable debido a que el plástico post consumo siempre llega mezclado con materiales diversos, desde otras variedades de plástico hasta metales, materiales orgánicos y

por supuesto una cantidad importante de tierra y líquidos. Si no se realiza la clasificación, los demás procesos serán inútiles, el producto resultante no será útil como materia prima.

3. **Lavado y corte.**- Una característica intrínseca del plástico post es que tiene un importante nivel de suciedad, especialmente tierra y líquidos; estos elementos no pueden ser segregados en la etapa de clasificación, se requiere realizar un intenso proceso de lavado. El corte también es una operación necesaria, debido a que los plásticos llegan de tamaños heterogéneos, desde fundas de pocos centímetros, hasta plásticos de varios metros; para el proceso de lavado se requiere que el tamaño del plástico sea homogéneo, concretamente que no tenga dimensiones mayores a 15 cm.
4. **Secado.**- En el proceso de lavado y corte se limpia el plástico y se lo deja de un tamaño manejable, sin embargo hay un efecto no deseado y es que lo deja empapado en agua. Para el proceso de aglutinado, se requiere que el plástico esté seco. Para conseguir un buen nivel de secado se deben ejecutar varias acciones. La primera es estrujarlo o exprimirlo para evacuar el mayor volumen de agua que pudiere tener hasta dejarlo en un estado "húmedo". La siguiente acción logra que el plástico húmedo se seque, esto se lo consigue por un proceso de centrifugado a alta temperatura para posteriormente inyectarle chorros de aire que le quiten cualquier resto de humedad.

5. **Aglutinado.-** Este proceso sirve para reducir de tamaño el plástico a través de una operación de compactación por efecto térmico.
6. **Peletizado.-** Es el proceso final de esta etapa de conversión; tiene dos propósitos perfectamente identificados; el primero es mejorar aún más el nivel de compactación y el segundo, eliminar por completo cualquier residuo de suciedad (pequeños granos de arena por ejemplo) que aún pudiere tener el plástico, esto se lo consigue mediante el uso de mallas metálicas tipo filtro con perforaciones muy pequeñas.

Para obtener los niveles de producción y productividad deseados, el Proyecto se enfocó en los siguientes parámetros:

1. Los 5 procesos anteriores deben estar perfectamente sincronizados y deben ser continuos; entiéndase que la salida de un proceso es la entrada inmediata del siguiente, es como si todas las máquinas fueran una sola de varias piezas.
2. Ubicación adecuada, secuencial y cercana de todos los componentes del proceso de producción, incluyendo bodegas de materia prima, máquinas, equipos periféricos, etc.
3. Las capacidades de las máquinas que ejecutan los procesos deben ser similares, cuando esto no es posible, deben instalarse “puentes” que permitan sincronizar velocidades o trabajar a la velocidad del proceso más lento.

4. Mecanizar íntegramente los procesos; la mano de obra se limita a tareas de control o supervisión.
5. Capacitación permanente de mano de obra.
6. Medición de resultados, comparación con lo presupuestado, identificación de causas que motivaron el no cumplimiento si ese fuere el caso, corrección de causas que motivaron el no cumplimiento o afianzamiento cuando sí se cumplieron.
7. Capacitación de la Alta Gerencia.
8. Compromiso y decisión de los accionistas.
9. Abandono del *know how* anterior y construcción del nuevo.

En la figura 1.2 se muestra el diagrama de procesos para convertir polietileno post consumo en pellets de polietileno.

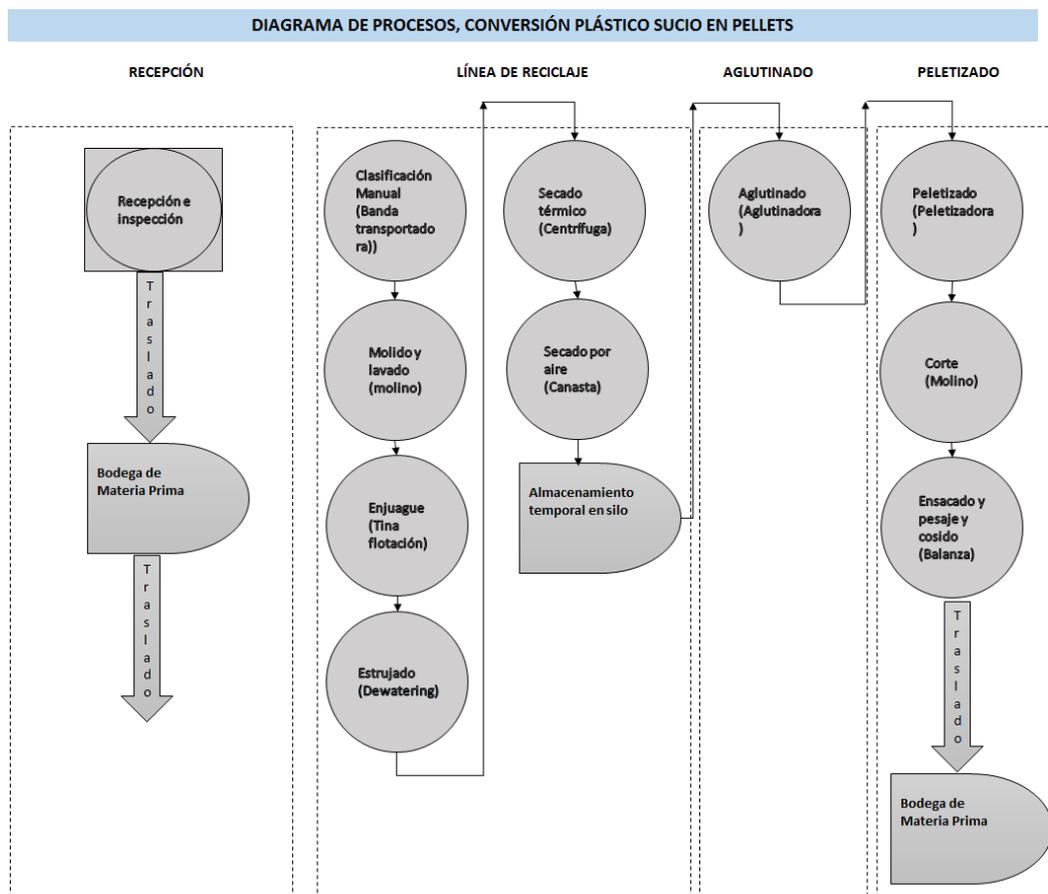


Fig. 1.2: Diagrama de Procesos, operación de Emaris

### 1.5 Diseño de Planta.

Para explicar el diseño definitivo de la planta industrial es decir el área a utilizarse, la ubicación de la maquinaria y de los equipos periféricos, es necesario conocer los detalles geográficos y ubicación de las tres empresas involucradas de una u otra forma, en la realización del Proyecto:

1. Emaris S.A.- Empresa donde se ejecutó el proyecto.
2. Proceplas S.A.- Empresa que requiere la materia prima de Emaris
3. Reciplásticos S.A.- Empresa que recicla el plástico

Las tres empresas desarrollan su actividades en Lotización Inmaconsa, Calle Palmeras y Casuarina S/N Guayaquil., La Planta industrial de Proceplas tiene un área de 8,500 m<sup>2</sup>; Emaris ocupaba 6,000 m<sup>2</sup> de un terreno contiguo a Proceplas, que también le pertenece a esta última empresa; Reciplásticos usa 7,500 m<sup>2</sup> para realizar sus actividades, en esta área tiene sus galpones industriales, oficinas y patios de maniobra para la flota de camiones que transporta las materias primas recicladas. Este terreno también es contiguo al de Proceplas, en definitiva, los 3 terrenos son contiguos.

En la figura 1.4 se puede ubicar a las 3 empresas, las que están ubicadas en las siguientes coordenadas <https://www.google.com/maps/@-2.1216376,-79.9450341,248m/data=!3m1!1e3?hl=es-419>

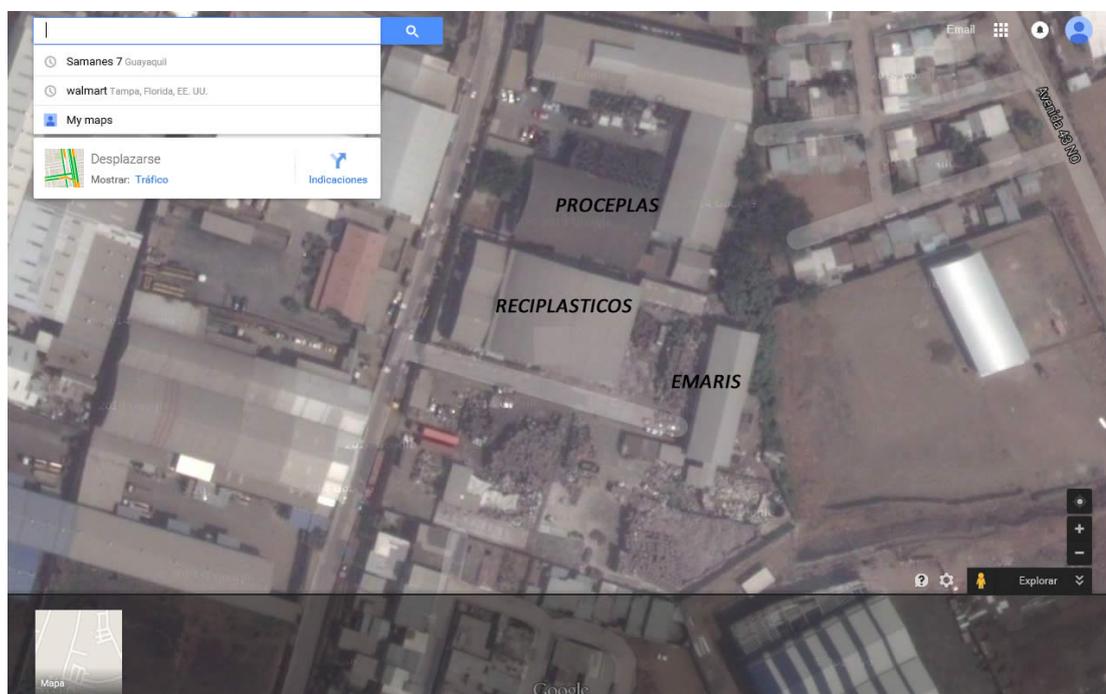


Fig. 1.3: Ubicación de Emaris, Proceplas y Reciplásticos

Al inicio del Proyecto, casi la totalidad del área usada por Emaris se destinaba para almacenaje del plástico film, el terreno estaba formado por dos áreas bien diferenciadas en su cota, unos 1,000 m<sup>2</sup> estaban a un determinado nivel mientras que el resto del terreno estaba constituido por una loma que tenía una cota (con relación a la otra parte del terreno) de unos 2 – 3.5 m de altura, dependiendo de la zona.

Además de la forma del terreno (irregular), también la constitución del mismo era mixta, en la parte baja era una mezcla de roca con tierra y en la parte alta era de constitución arcillosa.

Para el diseño de la planta se consideraron los siguientes aspectos:

1. **Niveles (cotas).**- Se evaluó la posibilidad de poner al mismo nivel toda la planta y sus instalaciones; se cotizó con diferentes constructores especialistas en movimientos de tierra, la conclusión luego de analizar las cotizaciones fue que la relación costo vs beneficio de poner la planta a un mismo nivel no era recomendable para los intereses de la empresa (había que remover varios miles de metros cúbicos de tierra).
2. **Tipo de Suelo.**- En cuanto al tipo de suelo, se contrató estudios de análisis de suelo para determinar si estos estaban aptos para recibir las principales cargas inherentes al proceso industrial de Emaris que son las siguientes:
  - a. Piso de hormigón armado con espesor variable de 15 y 20 cm de alto.
  - b. Galpón formado por estructura metálica, paredes de bloques y techo de *galvalumen*
  - c. Peso y movimiento vibratorio de maquinaria.

- d. Peso de diferentes tipos de inventario, que en determinadas áreas podía llegar a 5 TM/m<sup>2</sup>
- e. Peso y movimiento de vehículos cuyo peso total con carga puede llegar a 40 TM.

**3. Ubicación del terreno con relación a pobladores residenciales cercanos.-**

A pesar de que Emaris está ubicada en una zona declarada como industrial, la realidad es que producto de varias invasiones de tierras, ahora tiene en uno de sus límites viviendas residenciales. Este aspecto fue particularmente importante al momento de diseñar la ubicación de la planta y específicamente de la maquinaria ya que en el plan de operaciones de la empresa se prevé laborar 24 horas y también a que el proceso de molido y lavado es una fuente generadora de ruido. Se realizaron simulaciones para determinar el nivel de ruido que llegaría a las viviendas contiguas usando como variable la ubicación de la fuente generadora (molino). El nivel de ruido en el punto de generación llegaba a 140 dB, este nivel de ruido disminuía a alrededor de 75 dB en la zona residencial, principalmente por la distancia entre estos dos puntos y a que se ubicó el molino dentro del galpón y con paredes altas.

En la figura 1.5 se puede apreciar el galpón de Emaris en su etapa de construcción, en la parte izquierda se muestra el área donde se ubicaría la banda transportadora.



Fig. 1.4: Galpón en construcción

4. **Ubicación del terreno con relación a las demás empresas involucradas.-**

Este aspecto es especialmente importante debido a que una de estas empresas le proveía de la materia prima necesaria para el proceso y la otra (Proceplas) era su cliente, quien consumía los productos que producía.

5. **Servicios básicos.-** En el área no existe red de alcantarillado ni red de agua potable (existe a unos 1,200 m de distancia). El proceso de producción de Emaris involucra principalmente lavado de plástico sucio, este proceso genera aguas residuales que deben ser evacuadas. Se escogió la ubicación y forma del galpón de tal forma que significare una menor distancia desde el punto de generación de las aguas residuales hasta el punto de descarga, que para este caso era un canal ubicado a unos 1,100 m de distancia. Para

la descarga de aguas residuales (luego de su respectivo tratamiento) se usó mangueras flex de alto diámetro, fabricadas por Proceplas con lo cual se obtuvo un importante ahorro en este rubro.

En la figura 1.6 se muestra la distribución de la planta, la misma que es el resultado del análisis de los aspectos indicados.. Se contempla la ubicación de máquinas, equipos periféricos, áreas de circulación, áreas de bodega, oficinas administrativas, áreas verdes y servicios complementarios.

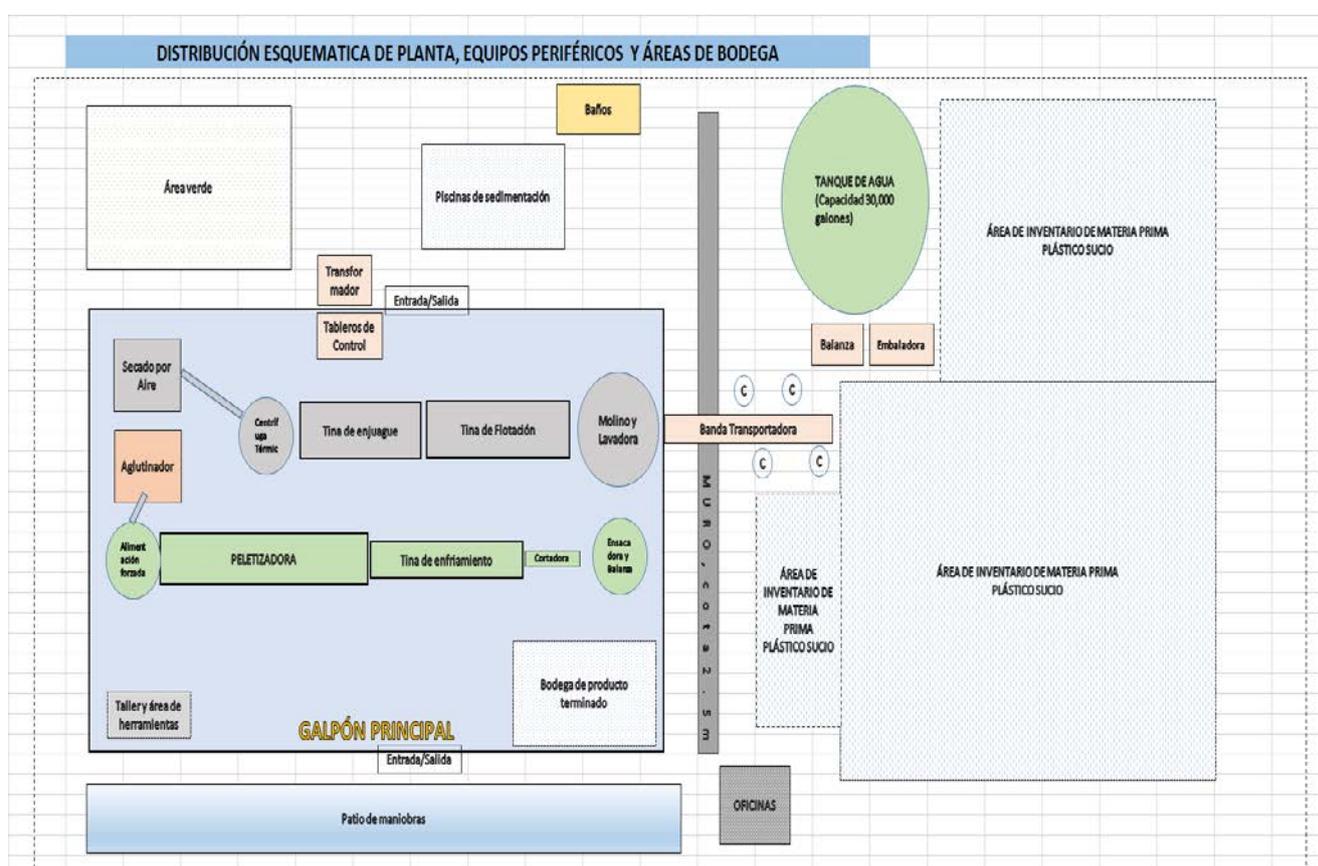


Fig. 1.5: Distribución de planta

## 1.6 Mecanización y automatización de Procesos

Uno de los aspectos más importantes contemplados en el Proyecto fue el reemplazo de actividades de realización manual por otras que fueren mecanizadas y preferentemente automatizadas. El resultado buscado con este cambio es aumentar volúmenes de producción con costos más bajos.

En la tabla 1.3 se muestra las principales diferencias entre el proceso antes del Proyecto y posterior al mismo, estas diferencias están dadas por la mecanización y automatización de la mayor parte de los componentes del proceso industrial.

RESULTADOS DE MECANIZACIÓN Y AUTOMATIZACIÓN DE PROCESOS, CUADRO COMPARATIVO			
PROCESO	ANTES	DESPUÉS	COMENTARIO
	Proceso realizado por	Proceso realizado por	
Recepción de Plástico Sucio	Bodeguero de materia prima	Bodeguero de materia prima	Importantes diferencias de inventario
Traslado a bodega de materia prima	Traslado en carretilla, varios operadores	Montacarguista (1 operador y un montacarga)	Importante diferencia en volúmenes trasladados (6 a 1) con mano de obra menor 4 a 1
Traslado a punto de clasificación	Traslado en carretilla, varios operadores	Montacarguista	Importante diferencia en volúmenes trasladados
Clasificación	12 clasificadores, separan materiales extraños, cortan y ponen en funda	4 Clasificadores, separan materiales extraños, alimentan el molino a través de banda transportadora	Importante diferencia en volúmenes clasificados (6 a 1) con mano de obra menor 3 a 1
Molido y lavado	6 operadores, movían el plástico sucio en una tina	Molino	Importante diferencia en volúmenes lavados (6 a 1) con mano de obra menor 6 a 1
Enjuague	no existía	Tina de Flotación	
Estrujado	2 operadores, colgaban el plástico en cordeles	Dewatering	
Secado en máquina centrífuga	no existía, se secaba al sol	Máquina centrífuga	
Secado final por aireación	no existía, se secaba al sol	Canasta elevada que recibe chorro de aire	
Almacenamiento temporal en silo	2 operadores, guardaban el plástico en sacos	El plástico es impulsado por aire a través de un ducto	
Aglutinado	3 operadores por turno, 3 máquinas aglutinadoras	Operador de Máquina aglutinadora	Se cambió las 3 máquinas aglutinadoras por 2 de mayor capacidad, resultado de producción 6 a 1, con mano de obra 2 a 3
Traslado a máquina peletizadora	Lo realizaba ayudante	El plástico es impulsado por aire a través de un ducto	No requiere operador
Peletizado	no existía	Operador de Máquina peletizadora	1 operador para todos estos procesos
Corte de peletizado	no existía	Molino cortador	
Traslado a silo temporal	no existía	El plástico es impulsado por aire a través de un ducto	
Ensacado y pesado	no existía	Operador controla el ensacado, cose el saco	

**Tabla 1.3: Mecanización de procesos, cuadro comparativo**

### **1.7 Compra de Maquinaria**

Una vez definidos los objetivos así como los procesos que constituirían el Proceso productivo, asegurado el financiamiento se propuso al accionista varias alternativas de proveedores de la maquinaria, equipos periféricos y otros equipos.

Finalmente la decisión de compra fue tomada por el Director del Proyecto. En el anexo 1 se muestran ejemplos de cotizaciones recibidas.

## **CAPÍTULO 2**

## 2 RESULTADOS OBTENIDOS

A pesar de las dudas iniciales de los accionistas, que inclusive provocaron retraso en la implementación del Proyecto, los resultados se pueden calificar de excelentes, no solo debido a que Emaris dejó de presentar pérdidas contables sino que el ahorro resultante de la diferencia de precios permitió recuperar el valor de la inversión en un plazo significativamente corto.

### 2.1 Inversión requerida para instrumentación del Proyecto

La inversión contemplada en el Proyecto está determinada por la adquisición de los siguientes activos:

**Obra civil.-** Incluye galpón industrial para ubicación de maquinaria y área de bodega de producto terminado; pavimentación de pisos para patio de maniobras y para área de almacenamiento de materia prima; construcción de piscinas de sedimentación para tratamiento de aguas residuales; muro de refuerzo para área donde el terreno tiene una cota mayor. En la figura 2.1 se muestra este muro de refuerzo en su etapa de construcción.



**Fig. 2.1: Muro de refuerzo, en etapa de construcción**

**Maquinaria.-** Las diferentes máquinas y equipos periféricos contemplados en el Proyecto tienen el propósito de mecanizar y hacer más eficientes los diferentes procesos de producción; procesos que hasta ese momento se realizaban manualmente. En la figura 2.2 se muestra el diagrama de procesos de la operación de Emaris para convertir plástico sucio en pellets de polietileno.

Las máquinas requeridas para realizar estos procesos son:

- a. **Línea de reciclaje.-** Tiene varios componentes, entre los principales está una banda transportadora que sirve para transportar el plástico sucio desde el lugar de clasificación hasta un molino donde se lo corta y se lo lava; el proceso continúa con una tina de flotación que separa pequeños objetos metálicos y arenas que no se retiraron en el lavado; un “*dewatering*” que sirve para escurrir el plástico por frotación, una centrifuga para secar el plástico por efecto térmico y otro por aireación. El producto resultante de esta línea son pequeños pedazos de plástico limpio y seco, de tamaño aproximado a 1.5 cm. La capacidad de proceso de la línea de reciclaje es de 400 Kg/h. En la figura 2.3 se puede apreciar el momento cuando la línea de reciclaje es desembarcada en la planta de Emaris.



Fig. 2.2: Desembarco de línea de reciclaje

- b. **Línea de aglutinado.-** Sirve para convertir el plástico seco, a través de un proceso térmico en pequeños grumos de plástico similares a un canguil. Debido a la capacidad de la línea de reciclaje, se proyectó tener dos aglutinadoras de 300 Kg/h, total capacidad instalada 600 Kg/h. En la figura 2.3 se muestra una máquina aglutinadora típica. El motor está ubicado lado izquierdo de la foto y en el lado derecho el tanque en el cual se procesa el plástico; en la parte derecha de este tanque está el boquete de salida del plástico aglutinado. Estos dos elementos descansan sobre una estructura metálica, en la parte interna de esta estructura están las bandas que unen el eje del motor con el eje del tanque.



**Fig. 2.3: Máquina aglutinadora**

- c. **Línea de peletizado.-** Sirve para convertir el plástico aglutinado en pellets; esto se logra luego de tres procesos uno térmico otro de enfriamiento y finalmente uno de corte. El pellet es un plástico de color negro, de forma cilíndrica y entre 2 y 5 mm de longitud. Estos pellets son la materia prima que Proceplas (y la mayoría de fábricas de plástico) usan para fabricar sus productos.

En la figura 2.4 se muestra pellets de polietileno de baja densidad reciclado, el tamaño típico de estos pellets son entre 3 y 6 mm de forma cilíndrica o en forma de lenteja.



**Fig. 2.4: Pellets de polietileno reciclado**

- d. **Equipos Periféricos.-** Son equipos auxiliares indispensables para proporcionar a la maquinaria electricidad, aire comprimido, sistemas de control, sistemas de traslado, etc. Los principales equipos fueron: Transformador tipo "*pad mounted*", capacidad 750 KVA usado y repotenciado. Para determinar la potencia del transformador se usó los siguientes parámetros: potencia de máquinas, periféricos y otros equipos eléctricos y disponibilidad en el mercado de reciclaje de transformadores cuya potencia sea lo más cercana a lo requerido. En las figuras 2.5 y 2.6 se muestra el transformador de 750 KVA usado que se adquirió para la implementación del Proyecto.
- e. Tableros eléctricos de control para todas las máquinas; banco de capacitores para mejorar el factor de potencia; también se adquirió una máquina embaladora vertical y un montacargas de 3.0 Tm de capacidad.



Fig. 2.5: Placa de transformador usado, antes de mantenimiento



Fig. 2.6: Transformador 750 KVA usado, antes de mantenimiento

- f. **Montaje de maquinaria y periféricos.-** Los rubros de montaje de maquinaria estuvieron a cargo de un equipo de empleados liderados por el Gerente de Emaris quien tenía experiencia en este tipo de actividades. El montaje, instalación y pruebas de arranque de los equipos eléctricos estuvieron a cargo de la empresa Magnetrán, empresa que presentó la oferta comercial más adecuada con los objetivos del Proyecto. Esta empresa había realizado algunos trabajos previos en otras empresas del Grupo.

En la tabla 2.2 se muestra el Detalle de la Inversión requerida para la realización del Proyecto.

INVERSIÓN REQUERIDA PARA PROYECTO				
OBRA CIVIL	ÁREA	P/U	VALOR	COMENTARIO
GALPÓN	600	300.00	180,000.00	
PISO (PAVIMENTACIÓN)	4,500	30.00	135,000.00	
PISCINAS	90	500.00	45,000.00	
ÁREAS ADMINISTRATIVAS	50	350.00	17,500.00	
MURO	50	400.00	20,000.00	
<b>SUBTOTAL OBRA CIVIL</b>			<b>397,500.00</b>	
MAQUINARIA	CANTIDAD	P/U	VALOR	
Línea de reciclaje (molido, lavado, secado)	1	100,000	100,000.00	
Aglutinadora	2	10,000	20,000.00	
Peletizadora	1	110,000	110,000.00	
<b>SUBTOTAL MAQUINARIA</b>			<b>130,000.00</b>	
EQUIPOS PERIFÉRICOS				
Transformador (750 KVA)	1	13,000	13,000.00	<i>usado, repotenciado</i>
Tableros eléctricos incl banco condensad	1	25,000	25,000.00	
Cables eléctricos (alta y baja tensión)	1	15,000	15,000.00	
Equipos Complementarios	1	30,000	30,000.00	
<b>SUBTOTAL EQUIPOS PERIFÉRICOS</b>			<b>83,000.00</b>	
<b>MONTAJE MAQUINARIA Y PERIFÉRICOS</b>			<b>25,000.00</b>	
<b>INVERSIÓN TOTAL</b>			<b>635,500.00</b>	
<i>No se considera valor del terreno</i>				
<i>Maquinaria incluye transporte, nacionalización</i>				

Tabla 2.1: Inversión requerida para el Proyecto

## 2.2 Presupuesto Mensual de Operación

La operación industrial de Emaris consiste en la recuperación de polietileno de baja y alta densidad (plástico post consumo) generado como desecho por las empresas y hogares; este plástico para su posterior utilización debe ser sometido a los siguientes procesos:

- a. Clasificación.- El propósito de esta actividad es separar los materiales que no son polietileno, es frecuente encontrar mezclado con otras variedades de plástico e inclusive con materiales orgánicos, papeles, pequeños metales y obviamente tierra y agua. Esta actividad se la realiza manualmente y es una de las partes críticas del proceso, no se la mecanizó completamente.
- b. Lavado.- Esta operación es realizada con el propósito de limpiar el material, se le retira todo tipo de suciedad que pudiere tener. Antes del proyecto esta actividad era manual; ahora se lo realiza con un molino de cuchillas giratorias el cual funciona con agua y pequeñas cantidades de detergente y desinfectantes. Se requiere un operador para controlar los flujos de ingreso y salida del material al molino.
- c. Secado.- A la salida del molino se obtiene plástico cortado en pequeñas láminas y limpio, sin embargo está empapado de agua; se requiere secarlo, esto se lo realiza con estrujadores y centrifugas que retiran el agua primero por frotación y luego por calentamiento. En esta parte del proceso no intervienen operadores.
- d. Aglutinado.- Para un mejor manejo y utilización del plástico como materia prima se procura compactarlo a través de un proceso denominado aglutinado, el resultado a la salida de esta máquina son “chips” de plástico con la forma de pequeñas bolas. En esta parte del proceso interviene un operador por aglutinadora, el que controla los tiempos de aglutinado y ejecuta una operación denominada “reventar el plástico”; este proceso consiste en rociar el plástico caliente con agua fría, lo que provoca un

choque térmico, lo que a su vez da la forma deseada al aglutinado tal como se puede ver en la figura 2.7.



**Fig. 2.7: Plástico aglutinado**

- e. Peletizado.- Es una operación por la cual se convierte el plástico aglutinado en pequeños pellets que son los que usan las fábricas de plástico para elaborar sus productos. La peletizadora es una máquina que a través de un proceso térmico funde el plástico el cual es pasado en estado semi líquido por un filtro el mismo que le da forma de “tallarín”, estos tallarines son enfriados en agua fresca y posteriormente son cortados. En esta etapa se requiere la presencia de un operador, que controla la máquina peletizadora, cambia filtros, evita que el producto se queme o que se enrede, entre otras

operaciones. También se encarga de coser (con una máquina cosedora eléctrica) los sacos en los que se depositan los pellets.

El plan de operación mensual de Emaris contempla el horario de trabajo mostrado en la tabla 2.2:

<b>PLAN DE OPERACIÓN MENSUAL</b>	
Días Mes	30
Días laborables	22
Mantenimiento	4
Descanso	4
Horas laborables x Día	24
Horas laborables x Mes	528
Capacidad de molino (Kg/H)	400
Capacidad Instalada (Kg/mes)	211,200
Factor de uso	95%
<b>Capacidad Instalada, Real</b>	<b>200,640.00</b>
<b>Capacidad objetivo</b>	<b>182,000.00</b>
<b>Márgen de holgura</b>	<b>18,640.00</b>

**Tabla 2.2: Plan de Operación Mensual**

El Presupuesto mensual de Operación de Emaris incluye todos los costos y gastos generados en la operación de la Empresa en un mes; comprende el consumo de materia prima, el costo pagado por la misma, la mano de obra directa, la mano de obra indirecta, gastos de fabricación, gastos administrativos.

La tabla 2.3 muestra el resumen de este Presupuesto:

<b>EMARIS S.A.</b>			
<b>PRESUPUESTO MENSUAL DE OPERACIÓN</b>			
Precio de materia prima, film reciclado sucio (por Kg)		0.26	
Cantidad Comprada (Kg)		280,000	
Valor Pagado (\$)		72,800	
Desperdicio (humedad, tierra, materiales extraños)	35%	98,000	
Cantidad real de materia prima		182,000	
Precio real de materia prima		0.4000	
<b>DETALLE DE GASTOS</b>			
<b>MANO DE OBRA</b>	<b>NÚMERO DE EMPLEADOS</b>	<b>SUELDO Y BENEFICIOS</b>	<b>TOTAL</b>
Recepción y bodega	2	569.40	1,138.80
Clasificación	10	569.40	5,694.00
Molino	2	569.40	1,138.80
Lavadora	2	585.00	1,170.00
Aglutinadora	4	585.00	2,340.00
Peletizadora	2	585.00	1,170.00
Ensacador	2	569.40	1,138.80
Mecánico	1	975.00	975.00
Ayudante de mecánico y electricista	1	569.40	569.40
Electricista	1	975.00	975.00
Supervisor	1	1,072.50	1,072.50
Gerente	1	3,300.00	3,300.00
<b>TOTAL MOD, MOI Y ADMINISTRACIÓN</b>	<b>29</b>		<b>20,682.30</b>
<b>SERVICIOS Y GASTOS DE OPERACIÓN</b>			
Electricidad (Kw/h)	167,402	0.054	9,039.73
Agua (promedio)	5,000	1	5,000.00
Químicos (para tratamiento de agua)	1,200	1	1,200.00
Sacos, hilo y otros materiales de empaque	7,280	0.15	1,092.00
Mantenimiento (planta, maquinaria, periféricos)	8,000	1	8,000.00
Equipos de protección personal	580	1	580.00
Desalojo de materiales (lodos)	800	1	800.00
Depreciación (máquinas, edificios, montacargas, etc)	635,500	84	7,565.48
<b>TOTAL SERVICIOS Y GASTOS DE OPERACIÓN</b>			<b>33,277.21</b>
<b>GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>			
Servicios contables, permisos, celular, etc	1,000.00	1	1,000.00
<b>TOTAL GASTOS ADMINISTRATIVOS</b>			<b>1,000.00</b>
<b>TOTAL MATERIA PRIMA, SERVICIOS Y GASTOS DE OPERACIÓN</b>			<b>127,759.51</b>
Materia prima procesada (Kg)			<b>182,000</b>
Costo de materia prima, para la venta (\$/Kg)			0.70
Precio de Mercado de Materia Prima (\$/Kg)			0.85
<b>Ahorro en costo unitario de materia prima (\$/Kg)</b>			<b>0.15</b>

**Tabla 2.3: Presupuesto Mensual de Operación luego del Proyecto**

En la tabla precedente se puede observar el resultado neto de la implementación del Proyecto, el cual proporciona un ahorro de \$0.15 por cada

kilogramo producido. Este valor unitario representa un ahorro del 17.65% con respecto del precio de mercado.

Para poder analizar el alcance del ahorro, se presenta en la tabla 2.4 el cálculo de tasa interna de retorno (TIR) y del valor presente neto (VAN)

<b>RESUMEN DE RESULTADOS DEL PROYECTO</b>		
Materia Prima Producida (Kg/Año)		2,184,000.00
Ahorro x Diferencia de Precio (\$/Kg)		0.15
Ahorro Anual (\$)*		323,285.93
<b>TIR Y VAN DEL PROYECTO</b>		
<b>FLUJO</b>	<b>AÑO</b>	<b>VALOR</b>
Inversión inicial	2012	635,500.00
Ahorro Anual	2013	323,285.93
Ahorro Anual	2014	323,285.93
Ahorro Anual	2015	323,285.93
Ahorro Anual	2016	323,285.93
<b>TIR</b>		<b>36%</b>
<b>VAN</b>		<b>\$ 287,474.34</b>
<i>Tasa de Descuento referencial</i>		<b>15%</b>
<i>* Precios "deflacionados" tanto ingresos como egresos</i>		

Tabla 2.4: TIR y VAN del Proyecto

**Tasa Interna de retorno.-** La tasa interna de retorno es uno de los índices más utilizados para evaluar la factibilidad de un Proyecto; una de las definiciones más aceptadas es la de (López, 2006) [1], “La tasa interna de retorno (TIR) se define como aquella tasa que descuenta el valor de los futuros ingresos netos esperados igualándolos con el desembolso inicial de la inversión”.

En el presente documento, para calcular la TIR se ha utilizado la correspondiente fórmula en Excel:

Tasa interna retorno = TIR(inversión inicial 2012, ahorro anual 2013, ahorro anual 2014, ahorro anual 2015, ahorro anual 2016).

Para el presente proyecto la TIR es del 36% lo cual es un valor realmente atractivo; lo usual es que los proyectos rentables tengan TIR más bajas.

**Valor Presente Neto.-** El Valor presente neto o VAN es un índice financiero de uso extendido para evaluar la conveniencia de un proyecto; cuando el VAN es positivo significa que el proyecto es viable; según el mismo autor (López, 2006) [1] “El valor actual neto (VAN) se define como el valor que resulta de la diferencia entre el valor presente de los futuros ingresos netos esperados y el desembolso inicial de la inversión ( $FF_0$ )” De acuerdo a la siguiente fórmula:

$$VAN = FF_0 + \frac{FF_1}{(1+k)} + \frac{FF_2}{(1+x)^2} + \frac{FF_3}{(1+x)^3} + \dots + \frac{FF_n}{(1+x)^n}$$

Donde:

$FF_0$  es la inversión inicial del proyecto

$FF_1, FF_2, FF_n$  es el flujo de fondos en los años 1, 2...n

$k$  es el costo de oportunidad del capital

En el presente documento se ha utilizado la correspondiente fórmula en Excel:

$$VAN = VNA(\text{tasa de descuento}, \text{valor1}, \text{valor2}, \text{valor3})$$

Donde tasa de descuento es el costo de oportunidad del capital

valor1, valor2, valor3 es el ahorro anual en el periodo de evaluación del proyecto.

Es importante destacar que el Proyecto arroja un valor de VAN igual a \$287,434.34 esto a pesar de usar para su cálculo una tasa de descuento del 15%, la misma que es relativamente alta para inversiones en dólares. El periodo de recuperación de la inversión es menor a 2 años.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

La realización de este Proyecto fue altamente satisfactoria; principalmente por los siguientes aspectos:

- Resultados acordes con lo planificado.
- Solución permanente, no temporal no parcial, de los problemas que se planificó solucionar.
- Alto nivel de compromiso del equipo que ejecutó el Proyecto; compromiso real y auténtico desarrollado en la ejecución del Proyecto.
- Capacitación y aprendizaje rápido pero eficaz en el uso de la nueva metodología de trabajo por parte de todos los empleados, esto dio como resultado una curva de aprendizaje realmente corta.
- Creación de nuevas metas organizacionales; luego de culminado el Proyecto y por los resultados obtenidos en él, se fijaron nuevas metas

organizacionales, tanto para el corto como para el mediano plazo, metas que antes del Proyecto parecían poco probables de realizar.

- Clima de optimismo para la acometida de nuevos proyectos, no únicamente en la empresa motivo de este Proyecto sino en las demás empresas del Grupo empresarial.

Es necesario destacar que el Proyecto no requirió soluciones de **alta ingeniería** ni tampoco el desarrollo de **nuevas tecnologías**; más bien utilizó herramientas tecnológicas (maquinaria, equipos periféricos y conocimiento) de fácil acceso, disponibles en el mercado. Una conclusión sencilla pero significativamente válida es la siguiente:

- Con relativa frecuencia buscamos solucionar problemas con mecanismos complejos, sin darnos cuenta que las soluciones simples, a veces las que están a la vista, son generalmente las más adecuadas.

La secuencia lógica, cronológica, de lo realizado en el Proyecto fue:

1. Identificación del Problema.- Al inicio del Proyecto, Emaris tenía dos problemas evidentes, plenamente identificados:
  - a. En sus 8 años de operación había generado importantes pérdidas económicas.
  - b. No había logrado producir en cantidad ni en calidad la materia prima requerida por Proceplas.

Dadas estas circunstancias, los accionistas habían previsto el cierre definitivo de la empresa; sin embargo esta alternativa solucionaba uno de

los problemas existentes, no resolvía el problema de provisión de materia prima para Proceplas.

2. Identificación de potenciales soluciones.- Para identificar las potenciales soluciones de los problemas, se requirió unir conocimientos del negocio de reciclaje con conocimientos de administración y conocimiento de las herramientas tecnológicas existentes en el mercado. La unión de estos elementos hizo posible la aparición de numerosas posibilidades de solución para los problemas citados.
3. Análisis costo beneficio de las alternativas de solución- Se identificaron varias alternativas de solución, sin embargo la que se escogiera tenía que ser compatible con la realidad económica y organizacional de la empresa donde se realizaría el Proyecto. El costo total del Proyecto fue \$635,000 (sin incluir terreno) este monto representaba un alto nivel de inversión para la empresa; es razonable pensar que no fue tarea sencilla conseguir que el accionista principal del Grupo Mario Bravo diera su visto bueno a la realización del Proyecto, principalmente porque anteriormente se había invertido en otros proyectos sin obtener resultados.
4. Obtener Financiamiento del Proyecto.- El Proyecto se financió con recursos propios de Proceplas; se utilizó utilidades no repartidas de esta empresa. Hay que tener presente que todos los activos del Proyecto eran de su propiedad y no de Emaris; por esta razón se previó que los beneficios generados por el Proyecto también le pertenecerían a Proceplas.

5. Ejecución del Proyecto.- Esta fue la parte más importante del Proyecto, La ejecución no estuvo exenta de problemas e incluso de retrasos; sin embargo fue altamente positivo que los problemas se abordaran desde un punto de vista integral, no únicamente técnico, ni tampoco administrativo. Otra conclusión simple pero igualmente válida es la siguiente:

- ***Las empresas y organizaciones en general, requieren profesionales con excelentes conocimientos técnicos, pero fundamentalmente estos profesionales deben ser prácticos y realistas.***

**Recomendaciones.-** Al finalizar el Proyecto, en el informe a los accionistas, el Director del Proyecto recomienda:

1. Las máquinas compradas en la implementación del Proyecto fueron coherentes con lo acordado en los términos comerciales de compra, en cuanto a calidad, capacidad, tiempos de entrega, etc.; sin embargo hubo necesidad de realizar determinados cambios y mejoras; algunos no se hicieron inmediatamente sino que primero se identificó la necesidad de hacerlos y se planificó el momento de realizarlos; entre los principales cambios y mejoras están:
  - a. El material eléctrico, principalmente cables, resistencias térmicas y otros materiales usados en el armado de las máquinas no era el más adecuado y se preveía una vida útil relativamente corta. La solución fue realizar el cambio de estos materiales por otros que sí cumplieran con los estándares. Se recomendó realizar el mismo procedimiento (cambio o reposición) de los *contactores* y otros elementos de control.

- b. La pintura de las máquinas presentaba niveles de espesor (se lo determinó usando un medidor de espesor de pintura para metales ferrosos) que anticipaban que esta se desprendería en un corto plazo, más aún en un medio ambiente húmedo y con importantes niveles de polución. La solución fue programar ciclos de mantenimiento que incluyeran volver a pintar ciertas áreas o, en determinados casos la máquina por completo. Se recomendó realizar el nuevo pintado con materiales que presenten mayor resistencia a la corrosión y con varias capas.
2. **Tratamiento de aguas residuales.-** El sistema de tratamiento de aguas contemplado en el Proyecto, fue del tipo denominado **“tratamiento primario”** cuyo propósito principal es clarificar el agua para volverla a usar o inclusive para descargarla al efluente; este tratamiento es indispensable pero no es el único que se requiere realizar; la norma medio ambiental exige que también exista un **“tratamiento secundario”** y posiblemente un **“tratamiento terciario”** y un **“tratamiento de lodos”**; estos tratamientos garantizarán que el agua residual llegue al efluente cumpliendo con la norma medio ambiental. En el Proyecto no se contempló fecha de implementación ni costos de estos sistemas de tratamiento. El Director del Proyecto recomienda “Implementar en un plazo no mayor a 12 meses, el *tratamiento secundario* de las aguas industriales”
3. **Desarrollo y Planes de Crecimiento.-** Proceplas es una empresa que ha venido manteniendo un crecimiento de ventas sostenido año tras año, esto implica que dentro de poco tiempo (2 o 3 años) la capacidad de proceso de

materia prima de Emaris será insuficiente. Se recomienda que la alta gerencia de Proceplas presente al Directorio su plan de crecimiento a corto y mediano plazo; esto permitirá a Emaris realizar las inversiones necesarias para atender este crecimiento de la demanda.

4. **Ubicación de la Empresa.-** Si bien la empresa en la que se desarrolló el Proyecto está ubicada en un área declarada como industrial, la realidad es que el sector ha experimentado un determinado nivel de invasiones, es decir asentamientos de grupos de personas para fijar su vivienda. Esto podría provocar en un futuro cercano limitaciones en los planes de crecimiento de estas empresas; el autor del Proyecto recomienda analizar la posibilidad de fijar la planta industrial en un área que no tenga estos inconvenientes.
5. **Manejo de Inventarios.-** En el Proyecto no se contempló y por lo tanto no se ejecutó la automatización del manejo de los inventarios; Sin embargo se dejó como recomendación implementar un sistema similar al que usan en Proceplas que en el caso de Emaris consistiría en lo siguiente:
  - a. El inventario de los materiales que llegan a Emaris es pesado en una báscula electrónica que está integrada con el Sistema Contable Administrativo de la empresa. Allí se registran los datos básicos de la transacción:
    - i. Fecha, hora,
    - ii. Material comprado
    - iii. Peso comprado
    - iv. Porcentaje de descuento por impurezas o humedad.
    - v. Proveedor

- vi. Transporte (chofer, placa de camión)
  - vii. Empleado que recibió el producto.
- b. La mayor parte del plástico que llega a la empresa lo hace suelto; esta característica ocasiona que se requiera un gran espacio físico para almacenarlo y el traslado de un lugar a otro es lento y costoso. A pesar de que se incurre en costos, el autor recomienda embalar todo el plástico en fardos o pacas, para el efecto se usa una máquina denominada embaladora. Las pacas deben ser identificadas usando etiquetas con código de barras, esto permitirá una toma de inventarios rápida y confiable. Una vez que se ha embalado el plástico, este ocupa menos espacio, una paca puede pesar 700 Kg y ocupar un volumen de  $1.3 \text{ m}^3$  ( $1.1 \times 1.2 \times 1 \text{ m}$ ). Luego de embalado, las pacas se pueden transportar fácilmente con montacargas y estibar hasta 6 unidades una sobre otra. Los costos de embalaje están en alrededor de  $\frac{1}{2} \text{ c/Kg}$  (medio centavo por kilogramo). Los principales costos están dados por los siguientes costos y gastos:
- i. Mano de obra del embalador
  - ii. Electricidad, mantenimiento y depreciación de embaladora
  - iii. Alambre o hilo para amarrar la paca.
  - iv. Traslado del material desde el sitio de almacenaje hasta el punto de embalaje.
  - v. Nivel de producción de un embalador por día.

- c. Las pacas que ingresan a la línea de lavado se deben dar de baja usando el código de barras con el que se etiquetó al momento de embalar.
- d. El siguiente control de inventario sería al momento de ensacar los pellets. En ese momento se tendría además del inventario de producto terminado, el nivel de merma producto de la suciedad que tiene el plástico; en la actualidad se tiene valores referenciales de esta merma que se los da por reales; sin embargo pudiere darse el caso de que existan faltantes de inventario y que estos no se noten porque se atribuyen a las mermas.

## BIBLIOGRAFÍA

[1] López, Guillermo, Cálculo Financiero Aplicado 2da Edición, La Ley, 2006.

## ANEXOS

### Anexo 1: Cotización de máquina peletizadora

## 张家港联冠环保科技有限公司

ZHANGJIAGANG LIANGUAN RECYCLING SCIENCE TECHNOLOGY CO., LTD

Fax: 0086 512-58516198 Tel: 0086 13913614114

http://www.baomachine.com Email:olivia@baomachine.com

### 500kg/h PP/PE Recycling Line Proposal

S/N: LG201010218B

Date: 2011-9-18

Quote for: PROCESADORA DE PLASTICOS PROCEPLAS S.A.

#### Granulating part

1. Belt Conveyor 1set
2. Agglomerator 1set
3. Screw feeder 1 set
4. SJ150/32 single screw extruder 1set
5. SJ175/10 single screw extruder 1set
6. Cooling water tank 1set
7. Cutter 1set
8. Vibration sieve 1set
9. Blower 1set
10. Cyclone silo 1set
11. Control system 1set

**Price FOB Shanghai : USD 104000**

#### 2. Guarantee:

One year after the buyer's receipt of the machines

#### 3. Training and Service

1. installation instruction at scene
2. testing at scene
3. training of the operation and maintenance
4. Free maintenance for the equipment problem caused by equipment design and quality.
5. technical consultant and service all the life time of the equipment
6. The buyer's is responsible for our engineer's commendation and transportation cost; at the same time,

USD 45/day

is offered as salary to the engineer.

#### 4. Installation and Testing

The buyer's required to install the machines according to the instruction of our technical data; our factory will send

engineer to guide the equipment installation and testing until the normal operation. The buyer's required

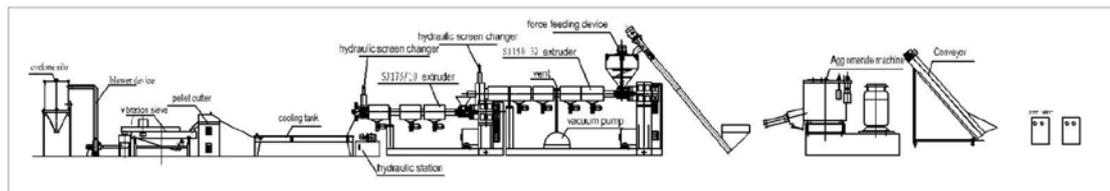
to sign a test

report for us. At the same time, the buyer's required to offer the testing material

#### 5. Documents

Electric installation drawing; Installation layout drawing; instruction book.

PICTURES:



Anexo 2: Cotización de línea de reciclaje, capacidad 400 Kg/h

### 400 kg/h PE PP Film Recycling Line

Item	Name	Specification	Quantity
1	Belt conveyer	3.0 kw	1 pc.
2	Crusher	PC 500	1 pc.
3	Screw loader	3.0 kw	1 pc.
4	Floating washer	6 kw	1 pc.
5	Centrifugal dewaterer	50 kw	1 pc.
6	Blower	10 kw	1 pc.
7	Storage bunker	1 m3	1 pc.



#### The main technical parameter

Belt conveyer

Conveying method	By belt
Power of motor	3.0 kw
Work length	8000 mm
Width of strap	600mm
Conveying speed	1-10m/min
dimension	1500 x 8500x650mm
weight	240kg



PC 500 Crusher

Diameter of rotating blade	380 mm
Quantity of rotating blade	15 pcs.
Rotating speed of rotating blade	500 r/min
Quantity of fixed blade	2 pcs.
Capacity of grinding	400-450 kg/h
Aperture of sieve	φ 10mm
Aperture of feeding	300 x 510 mm
Power of motor	15 kw
Dimension	1000 x800 x1500mm



### Screw loader

Power of motor	3.0kw
Effective length	3000mm
Diameter of screw	$\phi$ 250mm
Speed of dimeter	35rpm
Method of feeding	By screw
Material	Stainless steel

Dimension	3000 x250 x250mm
Weight	300kg

### Floating washer

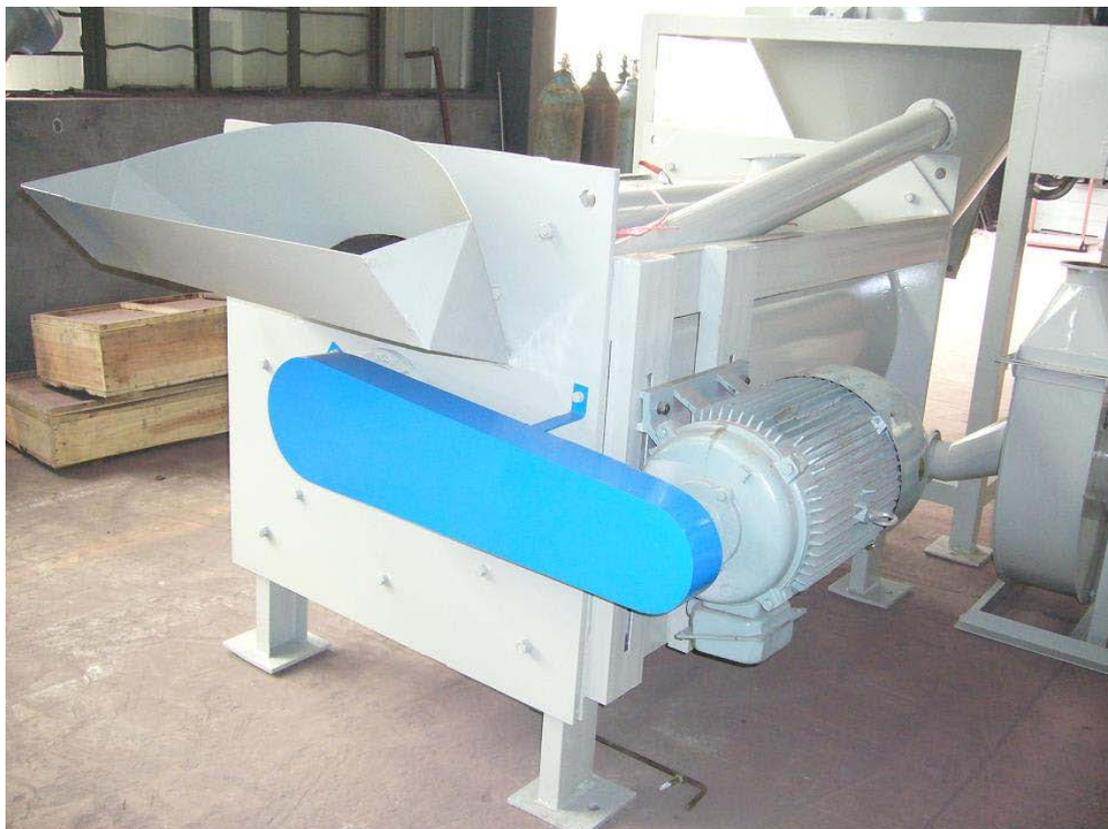
Quantity of the washing roller	5
Main motor power	6kw
Trolley motor	3.0kw
Feeding power	2.2kw
Material	Stainless steel
Length of whole machine	8000 mm
Width of washer	950mm
Dimension	8500 x600 x1200mm
Weight	4000kg



### Centrifugal dewaterer

Motor power	50kw
Power of venting motor	2.2kw
Dewatering method	Centrifugal

Material	Stainless steel
Dimension	2400 x800 x1600mm
Weight	600kg



### Blower

Power of blower motor	11kw
Heating power	30kw
Material of stacker	Stainless steel
Cooling method	Blowing
Length of tube	15m
Diameter of tube	$\phi$ 159mm
Dimension	3000 x2000 x2000mm
Weight	300kg

### Storage bunker

Cubage	$\geq 1\text{m}^3$
--------	--------------------

Power of mix motor	2.2 kw
Material	Stainless steel



**GHZ-300 High-speed Granulator (agglomerator)**



Power	Volume	Effective volume	Amount of rotor	Amount of fixed ream	Output
55kw	300 L	200 L	2	8	250-300 kg/h

#### Payment, Delivery and others

1. The quotation is available in 30days
2. Payment terms: 30% as down payment by T/T. 70% by T/T or L/C paid before shipping after the buyer inspection in our factory.
1. Delivery time: 45days after the down payment receipt.
2. Package: wooden base
3. Installation, commissioning, training
 

The seller will arrange two engineers to the buyer's factory for installation and commissioning and training, the buyer should be responsible for the necessities life in buyer's country and the round-trip tickets and visa fee, and allowance of 30USD per day for each person.

Warranty period: 1 year

**ZHANG JIANGANG QIANGSHENG PLASTIC MACHINERY CO.LTD**  
**ADD: YanJiang Road, Sanxing Jinfeng Town, Zhangjiagang City**

**Jiangsu Province, China**

**MSN: zyfhery@hotmail.com Mobile: 86-13773240086 Tel: 0086-512-58579818  
58956322 Fax: 0086-512-58531306 Htp: <http://zjqiangsheng.en.alibaba.com/>  
[www.mr5.com.cn](http://www.mr5.com.cn)**

**Zhangjiagang City Qiangsheng Plastic Machinery Co., Ltd.**