

**ESTANDARIZACIÓN Y ESCALADO INDUSTRIAL DEL  
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PANELES A PARTIR  
DE LODOS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA  
PAPELERA**

**DIANA MARÍA GÓMEZ MEDINA  
LUISA FERNANDA JIMÉNEZ ÁLVAREZ**



**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA  
INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ENVIGADO  
2009**

**ESTANDARIZACIÓN Y ESCALADO INDUSTRIAL DEL  
PROCESO DE FABRICACIÓN DE PANELES A PARTIR DE  
LADOS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA PAPELERA**

**DIANA MARÍA GÓMEZ MEDINA  
LUISA FERNANDA JIMÉNEZ ÁLVAREZ**

**Trabajo de grado para optar al título de Ingeniería Industrial**

**Jorge Enrique Sierra Suárez  
Director del programa de Ingeniería Industrial**



**ESCUELA DE INGENIERÍA DE ANTIOQUIA  
INGENIERÍA INDUSTRIAL  
ENVIGADO  
2009**

Nota de aceptación:

---

Jorge Enrique Sierra Suárez

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Medellín, 23 de octubre de 2009

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo de grado ha tenido altibajos durante todo su proceso de ejecución, que han fortalecido el proyecto y a nosotras mismas como ingenieras, crecimientos que hemos logrado materializar gracias a la presencia y apoyo de nuestros familiares, amigos y docentes, quienes han estado siempre con nosotras impulsándonos y alentándonos para seguir adelante.

Por esto queremos agradecerles especialmente a dichas personas que fueron importantes para que este proyecto pueda materializarse, los cuales son:

Ingeniero Jorge Enrique Sierra Suárez, director del programa de Ingeniería Industrial de la Escuela de Ingeniería de Antioquia, quien como nuestro director de trabajo de grado, nos orientó y alentó en el desarrollo del proyecto, en el cual se enmarca nuestro trabajo.

Ingeniero Adolfo Montoya. C.I. Carpasa S.A., quien nos asesoró en la selección de la maquinaria necesaria para el escalado industrial

Ingeniero Luis Alfredo Aguilar Roldán, profesor del Politécnico Jaime Isaza Cadavid, quien nos asesoró en nuestro trabajo.

Ingeniero Germán Augusto Coca. Profesor del programa de Ingeniería Industrial de la Escuela de ingeniería de Antioquia, quien nos asesoró en nuestro trabajo.

Ingenieros Jorge Mario Giraldo Orozco y Roberto Ochoa Jiménez. Escuela de Ingeniería de Antioquia.

Ingeniero Pedro Botero Cock. A Y B Modulares, quien nos asesoró en la adecuada selección de las máquinas para la producción de las ECOPLACAS.

# CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN.....	15
1. PRELIMINARES.....	16
1.1 Planteamiento del problema.....	16
1.2 Objetivos del proyecto.....	16
1.2.1 Objetivo General.....	16
1.2.2 Objetivos Específicos.....	16
1.3 Marco teórico.....	17
1.3.1 Historia de las ECOPLACAS.....	17
1.3.2 Materiales utilizados en el proceso.....	19
1.3.3 Proceso artesanal de las ECOPLACAS.....	19
1.3.4 Importancia de la planeación de instalaciones.....	25
1.3.5 Objetivos de la planeación de instalaciones.....	27
1.3.6 Proceso para la planeación de instalaciones.....	27
1.3.7 Estratégias para el desarrollo de la planeación de instalaciones.....	29
2. METODOLOGÍA DEL PROYECTO.....	31
3. DESARROLLO DE LA ESTANDARIZACIÓN INDUSTRIAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PANELES A PARTIR DE LODOS RESIDUALES DE LA INDUSTRIAL PAPELERA.....	34
3.1 Propuesta para escalado del proceso.....	34
3.1.1 Cálculos de capacidad.....	35
3.1.1.1 Planta de producción.....	35
3.1.1.2 Maquinaria.....	36

3.1.2	Cálculo de áreas.....	50
3.1.3	Disposición de la planta.....	51
3.1.3.1	Plano de la planta de producción de ECOPLACAS.....	52
3.1.3.2	Flujo de materiales.....	54
3.1.3.3	Flujo de personas.....	54
3.1.4	Análisis de costos.....	55
3.2	Manejo de Materiales.....	56
3.2.1	Carga unitaria.....	56
3.2.2	Sistema de manejo de materiales.....	56
3.2.3	Almacenamiento.....	57
3.2.4	Análisis de costos.....	63
3.3	Sistemas de la planta.....	63
3.3.1	Seguridad.....	63
3.3.2	Ventilación.....	65
3.3.3	Iluminación.....	65
3.3.4	Zona de cargue y descargue de mercancías.....	66
3.3.4.1	Muelles.....	66
3.3.4.2	Zona para maniobra de camiones.....	67
3.3.4.3	Zona de parqueo.....	68
3.3.5	Análisis de costos.....	68
3.4	Análisis de Costo Total de la Planta.....	69
3.4.1	Costo total de la planta.....	69
3.4.2	Costo unitario de la ECOPLACA.....	69
3.5	Validación del mercado .....	70

3.5.1	Análisis del mercado.....	70
3.5.1.1	Análisis de las 5 fuerzas de Porter.....	70
3.5.1.2	Análisis de las 4P's.....	72
3.5.2	Aliados estratégicos.....	73
4.	CONCLUSIONES.....	80
5.	RECOMENDACIONES.....	81
	BIBLIOGRAFÍA.....	82
	ANEXOS.....	84

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Descripción del proceso Artesanal. ....	20
Tabla 2. Composición de la Mezcla para el estudio de Métodos y Tiempos – Proceso Artesanal. ....	24
Tabla 3. Mejoramiento del estudio de métodos y tiempos del proceso artesanal. ....	25
Tabla 4. Descripción de las Etapas para la planeación de la Instalación. ....	28
Tabla 5. Metodología a Desarrollar. ....	31
Tabla 6. Especificaciones actuales de las ECOPLACAS. ....	34
Tabla 7. Personal para la producción de ECOPLACAS. ....	36
Tabla 8. Características del Pulper. ....	37
Tabla 9. Características del Tanque del agitador. ....	39
Tabla 10. Características de Twin Wire Press. ....	41
Tabla 11. Dimensiones de la cortadora. ....	42
Tabla 12. Dimensiones para el alimentador de carros del horno. ....	42
Tabla 13. Rampa de temperatura para el secado de ECOPLACAS. ....	43
Tabla 14. Dimensiones del horno y carros. ....	44
Tabla 15. Dimensiones totales de la máquina para el pegado del creamface y grayback. ....	47
Tabla 16. Dimensiones de la máquina para el formado de parejas. ....	48
Tabla 17. Dimensiones del etiquetado. ....	49
Tabla 18. Cálculo de áreas. ....	50
Tabla 19. Áreas de la empresa productora de Ecoplacas. ....	52
Tabla 20. Análisis de costos de la Maquinaria. ....	54



Tabla 21. Dimensiones de un tanque de 90 000 L para el almacenamiento de lodos papeleros.....	57
Tabla 22. Dimensiones de un tanque de 70 000 L para almacenamiento del yeso. ....	58
Tabla 23. Dimensiones de un tanque de 35 000 L para el almacenamiento del aditivo. ..	58
Tabla 24. Dimensiones de un tanque de 80 000 L de almacenamiento de agua. ....	59
Tabla 25. Bomba necesaria para el sistema de bombeo supuesto. ....	60
Tabla 26. Parámetros de distribución del almacenamiento de producto terminado.....	62
Tabla 27. Análisis de costo del manejo de materiales.....	62
Tabla 28. Especificaciones de la iluminación de la planta.....	65
Tabla 29. Dimensiones y área de la zona de maniobra en muelles. ....	67
Tabla 30. Dimensiones y área de la zona de maniobra en muelles. ....	67
Tabla 31. Dimensiones y área de la zona de parqueo. ....	67
Tabla 32. Análisis de costo de los sistemas de la planta.....	68
Tabla 33.Costo total de la planta. ....	68
Tabla 34.Costo unitario de la ECOPLACA.....	69
Tabla 35.Listado de Aliados estratégicos.....	75

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Diagrama de Proceso (Artesanal).....	23
Figura 2. Diagrama de Proceso (Industrializado).....	35
Figura 3. Esquema del Pulper a implementar.....	38
Figura 4. Agitador TurboMix <sup>TM</sup> TMX Agitator.....	39
Figura 5. Vista lateral del Twin-Wire Press.....	40
Figura 6. Entrada a presión del Twin Wire Press.....	40
Figura 7. Imagen del Twin Wire Press a implementar y sus posibles dimensiones.....	41
Figura 8. Esquema de la máquina de corte y del alimentador de carros del horno.....	43
Figura 9. Esquema de la máquina para el pegado del Creamface y del Grayback.....	46
Figura 10. Esquema de funcionamiento para el proceso de apilamiento y etiquetado. ....	49
Figura 11. Planta de producción de las ECOPLACAS.....	51
Figura 12. Plano total para la empresa productora de ECOLACAS.....	52
Figura 13. Plano con flujo de materiales.....	53
Figura 14. Plano con flujo de personas.....	54
Figura 15. Sistema de bombeo supuesto.....	59
Figura 16. Distribución del almacenamiento de producto terminado.....	61
Figura 17. Distribución de la zona de parqueo.....	68

## LISTA DE ANEXOS

	pág.
Anexo 1. Proceso gráfico de la implementación de la formaleta .....	85
Anexo 2. Estudio de métodos y tiempos en el proceso artesanal de cuatro ECOPLACAS .....	86
Anexo 3. Cálculo del retorno sobre la inversión (ROI).....	89

## GLOSARIO

**DRYWALL:** Lámina de yeso prefabricada, usada en paredes, cielos falsos, divisiones interiores, entrepisos y divisiones de oficinas entre muchas otras aplicaciones.

**CONSTRUCCIÓN LIVIANA EN SECO:** También conocido como sistema drywall, es un método constructivo que consiste en el ensamble de placas de yeso-cartón o fibrocemento a una estructura reticular liviana de acero galvanizado o madera en cuyo proceso de montaje y acabado no se hace uso de agua. El sistema está compuesto por la estructura, las placas, los elementos de fijación, los accesorios y el acabado.

**YESO (GYPSUM):** El yeso como producto industrial es sulfato de calcio hemihidrato ( $\text{CaSO}_4 \cdot 1/2\text{H}_2\text{O}$ ), también llamado vulgarmente "yeso cocido". Se comercializa molido, en forma de polvo. El yeso es un producto preparado a partir de la deshidratación de una piedra natural denominada aljez. Al yeso se le pueden añadir en fábrica determinadas adiciones para modificar sus características de fraguado, resistencia, adherencia, retención de agua y densidad, que una vez amasado con agua, puede ser utilizado directamente.

**PLACA YESO-CARTÓN:** La placa de yeso-cartón consiste en una matriz de yeso y una serie de aditivos, agregados para otorgarle a la mezcla una serie de propiedades, recubierta de un cartón especial que protege la matriz y aumenta la resistencia de la placa.

**LODOS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA PAPELERA:** Son el residuo resultante del proceso de fabricación de papel tissue, también conocido como papel blanco. Luego del tratamiento químico y mecánico de los efluentes de la industria papelera resulta una masa de celulosa, denominada lodos residuales de la industria papelera. Estos no son reincorporables al proceso de fabricación del papel dado que poseen un tamaño de fibra pequeño, que resulta indeseable.

**CARGA UNITARIA:** Es la carga constituida por embalajes de transporte que arreglan o acondicionan una cierta cantidad de material para posibilitar su manipulación, transporte y almacenamiento como si fuese una unidad. La carga unitaria es un conjunto de carga contenida en un recipiente que forma un todo único en cuanto a la manipulación, almacenamiento o transporte.

## RESUMEN

Este trabajo de grado que se desarrolla a continuación, es una propuesta para la producción industrializada de paneles prefabricados para la construcción de estructuras modulares a partir de lodos residuales de la industria papelera, los cuales, al igual que los paneles de yeso convencionales, serán implementados para la construcción liviana en seco.

En dicha propuesta, se darán lineamientos en cuanto a: distribución de espacios para las áreas de producción, almacenamiento, oficinas y parqueo; forma adecuada de almacenamiento de materias primas y producto terminado; maquinaria que permita una producción por lotes de paneles; especificación de los procesos involucrados, optimizaciones posibles y flujos pertinentes para el desarrollo de éstos; estudios de costos que determinen la factibilidad de dicha propuesta, y análisis de mercado.

Palabras clave: escalado industrial, producción por lotes, construcción liviana en seco, lodos residuales de la industria papelera, ingeniería industrial, maquinaria, distribución de espacios, optimización, flujos, costos, mercado.

## **ABSTRACT**

This thesis that is going to be developed is a proposal for the industrial production of prefabricated panels for the construction of modular structures made up of residual sludge from the paper industry, which, like conventional plasterboard will be implemented for dry lightweight construction.

In this proposal will be given guidelines for: spaces distribution for production areas, storage, offices and parking; suitable form for raw materials storage and finished products; machinery that allows a batch production of panels; specification of the processes involved, possible optimizations and appropriated flows to their development; cost studies to determine the feasibility of the proposal, and market analysis.

Key words: industrial scale, batch production, dry lightweight construction, residual sludge from the paper industry, industrial engineering, machinery, spaces distribution, optimization, flows, costs and market.

## INTRODUCCIÓN

Cuando se habla de los lodos papeleros producidos en el Valle de Aburrá, residuos provenientes de las plantas de tratamiento de aguas residuales de la industria papelera, inicialmente sólo se piensa en el problema ambiental que generan, dado los altos volúmenes que están siendo producidos y que hasta el momento no se han logrado disponer correctamente, puesto que aún no se han desarrollado suficientes alternativas de aprovechamiento que consuman la producción total de los mismos, y aunque en el mundo se han realizado investigaciones que demuestran que éste residuo posee una composición y propiedades que permiten considerarlos como materiales potencialmente aptos para la construcción, demostrado en la viabilidad de su uso en la fabricación de: biocemento, ladrillos, concretos, etc., en el Valle de Aburrá, aun no se han desarrollado investigaciones que permitan encontrar una mejor disposición diferente a las utilizadas actualmente, como son: recuperador de terrenos, compostaje y materia prima para ladrillos que no suplen la producción real de éste residuo, lo cual lleva a los lodos restantes a ser depositados en monorellenos.

Conociendo este problema, la Escuela de Ingeniería de Antioquia junto con la participación de docentes, egresados y alumnos, desarrolla investigaciones que buscan ayudar al medio ambiente y a la industria de la construcción, generando así el proyecto “DESARROLLO DE PANELES PREFABRICADOS PARA CONSTRUCCION LIVIANA EN SECO A PARTIR DE LODOS PAPELEROS DEL VALLE DE ABURRÁ”, el cual actualmente, con éste trabajo de grado, busca hacer un propuesta sobre la mejor forma de fabricación industrializada de paneles para la industria de la construcción liviana en seco.

Por lo anterior, se realizó una investigación que permitiera identificar que maquinarias del medio cumplieran con las especificaciones técnicas que se requerían para el proceso productivo de ECOPLACAS, y si el medio no proporcionaba máquinas que cumplieran dichos requerimientos, se procedería a realizar una “máquina espejo”, la cual era una máquina que existiera en el medio y que tuviera un funcionamiento similar al requerido, de la cual se desprendería una descripción basada en cálculos aproximados de la máquina que como supuesto cumpliría con las especificaciones del proceso productivo.

Al definir lo anterior, se realizaron cálculos de: capacidad, costos y distribución de espacios, que permitieran producir diariamente la cantidad de lodos disponibles, dentro de una planta de producción que cumpliera con las especificaciones de: distribución, ventilación, iluminación y equipos, adecuadas para el óptimo desarrollo de sus actividades, lo cual se complementa con un análisis de mercado que permitiera identificar aliados comerciales que facilitarían el posicionamiento de la marca.

# 1. PRELIMINARES

## 1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

La necesidad de industrializar el proceso de fabricación artesanal actual de las ECOPLACAS está orientada hacia la reutilización de los lodos papeleros con el fin de beneficiar al medio ambiente disminuyendo el impacto negativo que se estaba generando. Estos lodos papeleros eran considerados desechos que se lanzaban al medio ambiente, y aunque existen otras formas para aprovecharlos la idea de las ECOPLACAS es la que más beneficia a la industria papelera y al medio ambiente, ya que puede procesar una mayor cantidad de este producto y logra una mayor valorización del residuo.

Con este trabajo de grado se pretende solucionar el aspecto técnico que se requiere para la implementación de una planta de producción, por medio de una propuesta de estandarizado y escalado a nivel industrial, necesario para el procesamiento de los lodos papeleros, con el fin de obtener ECOPLACAS de una manera estandarizada y que cumpla todas las reglamentaciones industriales y ambientales necesarias para la fabricación del producto.

También se realizará una validación del estudio de mercado desarrollado por los emprendedores e Ingenieros Ambientales Jorge Mario Giraldo Orozco y Roberto Ochoa Jiménez, con el fin de determinar las condiciones que el mercado tiene con respecto a la oferta y a la demanda de productos para la construcción liviana en seco.

Paralelamente a esta Validación se realizará una propuesta de aliados comerciales que permitan dar a conocer el producto en el sector de la construcción para aumentar el flujo de producción y garantizar la capacidad de la planta de producción propuesta; beneficiando a la industria, las personas y sobre todo al medio ambiente.

## 1.2 OBJETIVOS DEL PROYECTO.

### 1.2.1 Objetivo General.

Proponer el escalado a nivel industrial y la estandarización de una planta dedicada a la producción de paneles elaborados con base en lodos papeleros.

### 1.2.2 Objetivos Específicos.

- Definir los estándares de producto y proceso relacionados con la obtención a escala de las ECOPLACAS.
- Identificar los requerimientos técnicos para la fabricación de las ECOPLACAS, en términos de maquinaria, equipos, procedimientos y costos.
- Realizar el diseño de planta adecuado para el escalado a nivel industrial.



- Validar el tamaño del mercado objetivo y los requisitos de los clientes identificados en el estudio de mercados realizado por los investigadores.

### **1.3 MARCO TEÓRICO.**

#### **1.3.1 Historia de las ECOPLACAS.**

Desde que la industria papelera existe los lodos papeleros han sido considerados residuos de difícil disposición que generan altos costos de tratamiento, gestión, transporte y disposición, por ésta razón se han realizado estudios en los que se han encontrado diferentes alternativas para su valorización, con el fin de ayudar al medio ambiente y a la misma industria papelera al lograr aprovechar un subproducto que actualmente no genera ningún valor agregado.

Los usos que se les han dado a los lodos papeleros en Colombia y en otros países son (Giraldo Orozco & Ochoa Jiménez, 2008):

- Agregados y llenantes en mezclas de concreto.
- Elaboración de ladrillos, camas para cría de animales.
- Compostaje.
- Tratamiento de taludes.
- Combustible.
- Sustitutos de suelos.
- Productos absorbentes.
- Materiales prefabricados para la construcción.
- Material para camas de animales.

Estos usos no fueron considerados inicialmente, por el proyecto de investigación en el “DESARROLLO DE PANELES PREFABRICADOS PARA CONSTRUCCION LIVIANA EN SECO A PARTIR DE LODOS PAPELEROS DEL VALLE DE ABURRÁ” como alternativa de solución del problema que se tiene en el Valle de Aburra, porque con ninguna de estas alternativas logran conjugar las variables económicas y ambientales necesarias que permitan reducir la disposición actual de los lodos a su mínima expresión.

Por lo anterior se conjugan dos hechos, los usos que se le daban a los lodos papeleros en Colombia y otros países, y la meta que se había propuesto esta investigación de generar una alternativa de solución que beneficiara al medio ambiente y a la industria papelera, de los cuales surgieron las siguientes etapas que anteceden este trabajo de grado (Giraldo Orozco & Ochoa Jiménez, 2008).

1. “Análisis prospectivo de disposición de lodos papeleros” 2004-2005 EIA.
2. Estudio de las alternativas de aprovechamiento aplicables en nuestro medio.
3. “Estudio de paneles prefabricados a partir de lodos papeleros de la industria del Valle de Aburra” 2006-2007 EIA - Colciencias.
4. “DESARROLLO DE PANELES PREFABRICADOS PARA CONSTRUCCION LIVIANA EN SECO A PARTIR DE LODOS PAPELEROS DEL VALLE DE

ABURRÁ” en el cual se tiene como alcance: El desarrollo técnico del producto, Estudio de mercado, Plan de negocio, Valoración de la idea. 2008 EIA – Parque E.

Actualmente se está desarrollando el proyecto en los aspectos técnicos, de: emprendimiento y mercado. Este trabajo de grado pretende realizar el estudio técnico del plan de negocio que beneficiará al proyecto “DESAROLLO DE PANELES PREFABRICADOS PARA CONSTRUCCIÓN LIVIANA EN SECO A PARTIR DE LODOS PAPELEROS DEL VALLE DE ABURRÁ” tanto para el cumplimiento de las metas propuestas para el concurso “Nuevas Empresa a partir de Resultados de Investigación” (NERI) y para el Plan de Mercado que se le presentará a un futuro inversionista.

Teniendo en cuenta que el proceso de producción de las ECOPLACAS es innovador en el medio y por lo tanto se dificulta la obtención de información, se han realizado comparaciones con el proceso de fabricación de los paneles de yeso-catón, el cual tiene algunas similitudes con el proceso de fabricación de las ECOPLACAS. Dichas comparaciones se fundamentan en información secundaria y en la visita que el proyecto de ECOPLACAS realizó a la planta de producción de Gyptec, único productor nacional de placas de yeso-cartón, en el mes de agosto de 2008.

Este proyecto ha pasado por varias etapas de investigación que han generado un trabajo de grado, trabajos complementarios e ideas de investigación futuras. La etapa actual del proyecto es desarrollada por la Ingeniera Agrícola con MSC candidata a PHD Adriana María Quinchia Figueroa, el Ingeniero Metalúrgico Marco Fidel Valencia García y los Ingenieros Ambientales Jorge Mario Giraldo Orozco y Roberto Ochoa Jiménez. Estos últimos serán los encargados de suministrar toda la información necesaria para el diseño del proceso productivo y administrativo para la fabricación de las ECOPLACAS.

De los estudios relacionados sobre el tema de la investigación se pueden resaltar los resultados obtenidos en la fase actual del proyecto “DESAROLLO DE PANELES PREFABRICADOS PARA CONSTRUCCIÓN LIVIANA EN SECO A PARTIR DE LODOS PAPELEROS DEL VALLE DE ABURRÁ”, como son el estudio de mercado, la composición correcta de las ECOPLACAS y próximamente el estudio técnico necesario para la implementación de una planta de producción óptima y competitiva para la fabricación de las ECOPLACAS, resultado que se obtendrá a partir de este trabajo de grado.

Otro trabajo de grado que ha dado un importante avance al proceso evolutivo de la investigación es el desarrollado por las Ingenieras Civiles Alejandra Henao Ramírez y Susana Ochoa Rodríguez, titulado “ANÁLISIS DE LA VIABILIDAD TÉCNICA DEL APROVECHAMIENTO DE RESIDUOS DE INDUSTRIAS PAPELERAS EN LA ELABORACIÓN DE PANELES PREFABRICADOS” del año 2006; el cual conjugado con los avances desarrollados por los Ingenieros Ambientales Jorge Mario Giraldo Orozco y Roberto Ochoa Jiménez durante toda la investigación, proporcionan los siguientes resultados

(Giraldo Orozco & Ochoa Jimenez, Plan de Negocio de las ECOPLACAS, 2008) (Quinchía, Valencia, & Giraldo, 2007):

- Dimensiones: 610 x 610 x 13mm.
- Peso: 20% menor que el del panel de yeso-cartón convencional.
- Resistencia a la extracción del clavo:  
Norma ASTM C 473: 356N ECOPLACA: 404N.
- Densidad: 507 kg/m<sup>3</sup>.
- Dureza de la base:  
Norma ASTM C473: 67 N ECOPLACA: 134 N
- Dureza de los bordes:  
Norma ASTM C473: 67 N ECOPLACA: 166 N
- Dureza de los extremos:  
Norma ASTM C473: 67 N ECOPLACA: 166 N
- Estudio de Mercado.
- La viabilidad técnica para la elaboración de los paneles ha sido demostrada y comprobada.
- El producto cumple con los requerimientos exigidos por la norma ASTM C36 que aplican para la producción de paneles de yeso-cartón, y además presenta mejores características que la placa de yeso-cartón, como:
  - Resistencia física (ASTM 473, método A):  
Basado en pruebas se determinó que para las fibras paralelas a los apoyos, la resistencia a la flexión es mayor a 178 N, y para las fibras perpendiculares a los apoyos, es mayor a 489 N, lo cual cumple la norma ASTM C36.
  - Aislamiento acústico: Absorción mínima de 38 decibeles
  - Aislamiento térmico: Coeficiente de conductibilidad menor a 0,38 kcal/m h°C
- La industria papelera se verá altamente beneficiada en aspectos económicos y en la imagen que proyectan a la sociedad.
- Se evitará la disposición de grandes cantidades de residuos en los rellenos sanitarios de la ciudad mejorando las condiciones ambientales.
- Proyecto de fácil aplicación en cualquier ciudad que genere este tipo de residuos.

### 1.3.2 Materiales utilizados en el proceso.

- **Lodos papeleros:** Son una masa de celulosa, la cual es el residuo resultante del proceso de fabricación de papel tissue, también conocido como papel blanco, y representa el 30% del peso de la mezcla al 96% de humedad.
- **Yeso:** Es sulfato de calcio hemihidrato utilizado en forma de polvo en la mezcla de las ECOPLACAS, y representa un 10% del peso de ésta.
- **Agua:** Es un recurso básico, utilizado durante el proceso para garantizar que en determinadas operaciones, los lodos tengan la consistencia requerida para su procesamiento, la cual representa un 58% del peso de la mezcla de las ECOPLACAS.

- **Aditivos:** Ingredientes necesarios para la buena formación de la ECOPLACA, que permiten otorgarle a la mezcla una serie de propiedades, las cuales garantizan las características ofrecidas en el producto. Estos materiales, representan dentro de la mezcla un 2% del peso, son de fácil adquisición y pueden ser importados o nacionales.
- **Adhesivo:** Material a base de dextrina necesario para adherir el creamface y el grayback, que dan el acabado final de la placa, a cada uno de los lados de la placa.
- **Creamface y Grayback:** Papel especial, utilizado como acabado para las placas, cada uno con unas propiedades diferentes, las cuales permiten una fácil y rápida instalación.

### 1.3.3 Proceso artesanal de las ECOPLACAS.

El proceso artesanal es el proceso productivo que los Ingenieros Ambientales Jorge Mario Giraldo Orozco y Roberto Ochoa Jiménez implementan actualmente para la fabricación de las ECOPLACAS, del cual se describirán a continuación todas las etapas que intervienen en éste, con el fin de comprender su funcionamiento y así poder generar un escalado más óptimo.

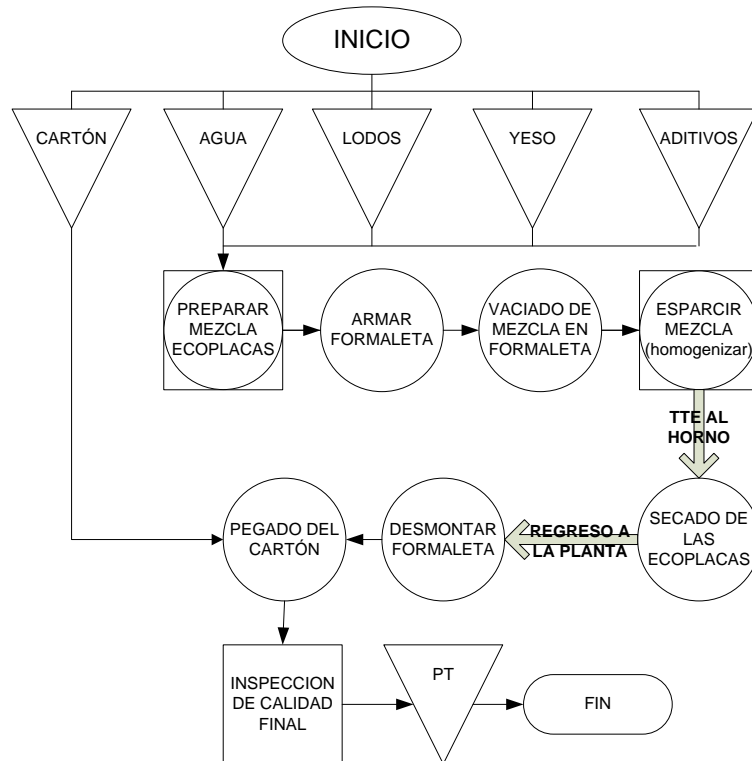
**Tabla 1. Descripción del proceso Artesanal.**

Etapas	Descripción
<b>Almacenamiento de materias primas</b>	<p>El yeso y el aditivo son almacenados en estanterías o armarios dentro de sus empaques comerciales.</p> <p>Los lodos papeleros son entregados a los Ingenieros Ambientales Jorge Mario Giraldo y Roberto Ochoa en bolsas de plástico, los cuales son llevados al laboratorio del proyecto sin ningún almacenamiento específico.</p>
<b>Preparación mezcla ECOPLACAS</b>	<p>Para la preparación de la mezcla de las ECOPLACAS se requiere de un recipiente de plástico con una capacidad mayor a 50 L, un taladro y un mezclador de mortero casero que se adapte al taladro, lo cual permita la homogenización de la mezcla.</p> <p>Para la correcta preparación de la mezcla de las ECOPLACAS, se requiere de los siguientes pasos:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Medir las cantidades de materia prima que se requieren para fabricar un número determinado de ECOPLACAS.</li> <li>2. Despulpas el papel, lo cual se realiza mezclando el agua y los lodos con la ayuda del taladro y el mezclador de mortero casero.</li> <li>3. Adicionar a la mezcla anterior, el yeso y los aditivos, implementando como herramienta de homogenizado las anteriores herramientas.</li> </ol>
<b>Armado de formaleta</b>	<p>La formaleta metálica es una estructura rectangular, la cual recibe el material que va a conformar la ECOPLACA. Esta actividad</p>

Etapa	Descripción
	<p>consiste en instalar el liencillo sobre la formaleta, para que la placa no se pegue a ésta en el momento del desencofrado, y del ensamble del marco, que le dará la forma final a la placa.</p> <p>Dicha formaleta está conformada por un marco de formación y una malla perforada, las cuales se explicaran a continuación: (Anexo 1)</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. <b>Marco de formación:</b> pieza en acero que delimita el área de la placa. Cuenta con mangos que permiten retirarlo fácilmente de la malla sin afectar la placa recién formada.</li> <li>2. <b>Malla perforada:</b> Es una estructura en acero y recubierta de pintura epoxica que se encarga de soportar la mezcla de lodo-yeso-aditivos durante la formación y secado, cuenta con una serie de agujeros que facilitan el secado de la mezcla; ésta posee a su vez mangos que permiten llevarla hasta el carro transportador. Por otro lado cuenta con cuatro piezas en las esquinas que permiten ensamblar las mallas entre sí, y con el carro transportador.</li> </ol>
<p><b>Vaciado de mezcla en formaleta</b></p>	<p>Para la realización de éste proceso no se requiere de una herramienta específica, ya que lo que se realiza es una repartición de la mezcla en diferentes puntos de la formaleta, con el fin de que sea más fácil homogenizar la mezcla con el rodillo.</p> <p>Es muy importante que en éste momento, la persona encargada llene bien las esquinas con el fin de que los ángulos se formen correctamente.</p>
<p><b>Esparcimiento de mezcla (homogenizar)</b></p>	<p>Durante este proceso se debe aplicar presión con el rodillo para garantizar tanto el espesor de la ECOPLACA como la correcta distribución de la mezcla, llenando así los espacios vacíos en su interior.</p> <p>Es muy importante tener presente que cuando se ejerce presión sobre la mezcla al utilizar el rodillo, también se busca que la ECOPLACA pierda la mayor cantidad de agua posible, ya que esto es beneficioso a la hora de secarla.</p>
<p><b>Secado de las ECOPLACAS</b></p>	<p>Es importante tener presente que para realizar el proceso de secado, los Ingenieros Ambientales Jorge Mario Giraldo Orozco y Roberto Ochoa Jiménez, deben transportar las ECOPLACAS desde la Escuela de Ingeniería de Antioquia sede Postgrado hasta la empresa Muebles Johnson situada en el barrio Manrique de la ciudad de Medellín.</p> <p>El horno es una secadora industrial de madera, a gas, con</p>

Etapa	Descripción
	<p>extracción de aire húmedo, el cual tiene aproximadamente 3 m de ancho por 5 m de largo por 2,5 m de alto, y tiene como temperatura máxima 80 °C; ésta temperatura de secado no es la ideal, ya que no alcanza la temperatura máxima necesaria para la rampa de temperatura óptima para el secado.</p> <p>El proceso de secado se realiza introduciendo grupos de cuatro ECOPLACAS y dejándolas dentro de éste durante aproximadamente 8 horas, hasta que se alcance una humedad de aproximadamente el 20%, con el fin de que las ECOPLACAS no se pasen de la humedad de equilibrio que es del 13%.</p>
<b>Desmontado de la formaleta</b>	<p>En este proceso se quita el molde de la base de la formaleta, con el fin de utilizarlo en una próxima ECOPLACA.</p> <p>Es importante tener en cuenta que para la fabricación artesanal de las ECOPLACAS es muy importante contar con muchas bases, ya que son éstas las que se llevan dentro del horno secador, mientras que el molde solamente se utiliza para el proceso de formación de la estructura de la ECOPLACA.</p> <p>En el proceso de desmontado de las formaletas se genera la formación del carro transportador de las mismas, en el cual es posible ensamblar cuatro bases de formaletas y transportarlas hasta el horno de secado. Éste carro transportador soporta a su vez las temperaturas alcanzadas en el proceso de secado.</p>
<b>Pegado del papel</b>	<p>Para pegar el papel se aplica el adhesivo por medio de una brocha común sobre la superficie de la ECOPLACA, en el siguiente orden:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Agregar adhesivo sobre la cara de la ECOPLACA en la que se va a pegar el creamface, realizar sobre este lado los pliegues necesarios y luego aplicar presión que permita la correcta adhesión de éste papel.</li> <li>2. Agregar adhesivo sobre la cara de la ECOPLACA en la que se va a pegar el grayback y aplicar presión que permita la correcta adhesión de éste papel.</li> </ol>
<b>Inspección de Calidad</b>	<p>En este proceso se revisa que las ECOPLACAS no tengan concavidades, rajaduras ni problemas después del pegado del papel, como pueden ser: burbujas, arrugas o lugares en los que se requiera un reproceso de pegado ya sea del creamface o del grayback.</p> <p>En las inspecciones también se realizan pruebas como: resistencia a la fricción; resistencia a la extracción del clavo; dureza de: base, bordes y extremos; análisis microbiológico, y resistencia al fuego.</p>

Etapa	Descripción
<b>Almacenamiento de producto terminado</b>	El almacenamiento de las ECOPLACAS terminadas se realiza apilado una encima de otra, lo cual únicamente necesita que éstas no tengan contacto directo con el suelo.



**Figura 1. Diagrama de Proceso (Artesanal).**

Teniendo claras las etapas que intervienen en el proceso productivo artesanal, se realizó un estudio de métodos y tiempos con cuatro ECOPLACAS, el cual muestra el tiempo promedio que los Ingenieros Ambientales Jorge Mario Giraldo Orozco y Roberto Ochoa Jiménez se toman en la fabricación artesanal de este número de ECOPLACAS.

Para este estudio se tomaron las siguientes cantidades de cada uno de los ingredientes de la mezcla.

**Tabla 2. Composición de la Mezcla para el estudio de Métodos y Tiempos – Proceso Artesanal.**

<b>ESPECIFICACIONES DE LAS ECOPLACAS-PRUEBA</b>	
Lodos	30 000 g
Yeso	6 799 g
Aditivos	1 085 g
Agua	34 868 ml

Luego de especificar las cantidades de materia prima para la mezcla de las ECOPLACAS, se realizó un agrupamiento de las actividades que se deben realizar en la fabricación artesanal, con el fin de facilitar la comprensión de dicho proceso, las cuales se especifican en el Anexo 2, junto con el tiempo que se especificó para cada una de las actividades.

Es importante tener presente que en el proceso de medición de tiempos, hubo momentos en los que la medición pudo haber sido afectada por factores distractores que hayan modificado el tiempo de las actividades, tales como la ejecución de actividades que no se tenían planeadas para realizar en el momento de la medición, pero que por causas ajenas al proceso eran necesarias para el desarrollo de la actividad, como fue el traslado de las formaletas de un lugar al otro para generar espacio dentro del laboratorio.

Sobre los datos recolectados en el Anexo 2 se observa que el tiempo promedio necesario para la fabricación de una ECOPLACA es de 18 horas, 27 minutos y 57 segundos (18:27:57), teniendo en cuenta el supuesto de que cada placa es procesada individualmente, es decir, no se puede empezar con la fabricación de la segunda placa hasta que la primera este totalmente terminada.

Con la información anterior se requeriría de 73 horas, 51 minutos y 38 segundos (73:51:38) para fabricar las cuatro ECOPLACAS; pero si se toma la fabricación de las cuatro placas como un lote, el tiempo para producir este lote de ECOPLACAS sería de 24 horas, 31 minutos y 56 segundos (24:31:56), obteniéndose así una reducción de 4 horas, 19 minutos y 42 segundos (49:19:42), es decir, una reducción del 33,21%.

Dicho tiempo se obtiene de la siguiente secuencia de actividades y tiempos aproximados.



**Tabla 3. Mejoramiento del estudio de métodos y tiempos del proceso artesanal.**

#	ACTIVIDAD	PLACA 1 (h:mm:ss)		PLACA 2 (h:mm:ss)		PLACA 3 (h:mm:ss)		PLACA 4 (h:mm:ss)		TOTALES	
		TIEMPOS	TOTAL	TIEMPOS	TOTAL	TIEMPOS	TOTAL	TIEMPOS	TOTAL		
1	PREPARACIÓN DE MATERIA PRIMA	00:29:41	00:58:43	00:39:23	01:05:23	00:18:00	00:54:00	00:09:00	00:53:00	6:42:16	
		00:14:41		00:16:13		00:26:00		00:33:00			
		00:14:21		00:09:47		00:10:00		00:11:00			
2	PREPARACIÓN DE LAS FORMALERAS	00:03:44	00:14:24	00:02:47	00:12:11	00:02:47	00:12:11	00:02:47	00:12:11		
		00:10:40		00:09:24		00:09:24		00:09:24			
3	VACIADO DE LA MEZCLA EN LA FORMAleta	00:20:47	00:20:47	00:25:10	00:25:10	00:25:00	00:25:00	00:20:00	00:20:00		
4	DESMONTADO DE LA FORMAleta PARA UNA NUEVA PLACA	00:07:19	00:07:19	00:07:19	00:07:19	00:07:19	00:07:19	00:07:19	00:07:19		
5	TRANSPORTE DE IDA AL HORNO	03:36:25									16:26:38
6	SECADO DE LAS PLACAS EN EL HORNO	09:00:00									
7	TRANSPORTE DE REGRESO A LA PLANTA	03:50:13									
8	PEGADO DEL PAPEL A LAS PLACAS	00:08:13	00:20:45	00:08:13	00:19:59	00:08:13	00:21:33	00:08:13	00:20:45	1:23:02	
		00:12:32		00:11:46		00:13:20		00:12:32			
									<b>TOTALES</b>	<b>24:31:56</b>	

Del anterior estudio se obtienen actividades que son útiles como guía a la hora de realizar el escalado industrial, como son: la preparación de materia prima, vaciado de la mezcla en las formaletas, secado de las placas en el horno y pegado del cartón a las placas. Estas actividades pueden ser mejoradas por medio de la implementación de maquinaria que proporcione mayor exactitud y rendimiento, pero en cambio, existen algunas actividades que no servirían a la hora de escalar industrialmente, ya que serían remplazadas por maquinaria que realizaría su función y el tiempo que se obtuvo con el estudio de métodos y tiempos para el proceso artesanal no sería de utilidad, como son: preparación de formaletas, desmontaje de las formaletas, transporte de ida al horno, transporte de regreso al laboratorio.

#### **1.3.4 Importancia de la planeación de instalaciones.**

Desde hace algunos años y en varios países, la planeación de instalaciones ha sido una herramienta integradora que tiene como objetivo la optimización, integración y coordinación entre los lineamientos de la empresa, los recursos con los que cuenta al momento de evaluar o reevaluar y con los que posiblemente contarán en el futuro.

Actualmente, la planeación de instalaciones también incluye la noción del mejoramiento continuo en la metodología del diseño, teniendo en cuenta la importancia de la adaptabilidad como un criterio para un diseño fundamentado en el desempeño de las operaciones, evaluadas e implementadas con anticipación.

Es importante que a la hora de modificar un diseño, se genere una evaluación y re-planeación de la instalación, en la que se tenga como objetivo la búsqueda del aumento de productividad de la instalación, disminuyendo costos y reduciendo o eliminando las actividades innecesarias o que provoquen un gran desgaste económico. El diseño de instalaciones debe alcanzar el logro de este objetivo, para el manejo de materiales, utilización del personal y equipo, inventarios reducidos y mayor calidad en los productos.

Además, con la apertura global y la generación de nuevos niveles de competencia para las empresas, la planeación de instalaciones, involucrando tanto los espacios como las operaciones que allí se realizan, se ha empezado a actualizar constantemente con el fin de ser lo más eficiente y eficaz posible, generándose así una reorganización y un rediseño continuos. Es importante tener presente que sólo en pocas ocasiones se puede introducir un proceso o un equipo nuevo en un sistema sin alterar las actividades en curso, ya que un sólo cambio puede tener un impacto considerable en los sistemas integrados de tecnología, administración y del personal, lo cual provocará problemas de suboptimización que sólo puede evitarse o resolverse mediante el rediseño de la instalación.

Según lo anterior, se especificarán a continuación algunos de los factores más importantes a tener en cuenta para la planeación óptima de instalaciones:

- Seguridad industrial y bienestar de los empleados: Este es un factor importante para el diseño y rediseño de instalaciones; por lo tanto se obliga al encargado a proporcionar un lugar de trabajo sin riesgos y a cumplir con las normas de seguridad y salud ocupacional necesarias como el aislamiento de equipos y/o

procesos que pueden representar peligro para la salud y la seguridad de los trabajadores.

- Conservación de energía: Este es un factor importante, el cual debe considerarse para llevar a cabo el diseño o rediseño de una instalación, ya que a partir de ella se pueden generar ahorros y/o cambios en éstas, los cuales repercutirán en beneficios generales para la organización, o específicos para un área determinada.
- Relación con la comunidad: En este factor se debe tener en cuenta la contaminación del aire, la relación con el ruido, y la disposición de los residuos líquidos y sólidos.
- Protección contra incendios: Este factor buscar reducir el riesgo de incendios, realizando modificaciones en el diseño de la instalación para los sistemas de manejo de materiales, almacenamiento y procesos de fabricación.
- Seguridad contra hurtos: Este factor buscar reducir las pérdidas para una empresa, teniendo en cuenta el nivel de control con el que se diseñan el manejo y flujo de materiales, y el diseño mismo de la instalación física.
- Acondicionamiento para personas discapacitadas: Este factor afecta todos los elementos de la instalación, desde la asignación de espacios de estacionamiento y el diseño de los mismos, las necesidades de rampa para entrada y salida, y la disposición de espacios recreativos.

Al tener en cuenta los anteriores factores se puede lograr una eficiente y eficaz planeación de instalaciones reduciéndose así el costo de manejo de materiales y mantenimiento por lo menos entre el 10% y 30% (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006).

### **1.3.5 Objetivos de la planeación de instalaciones.**

Integrar la planeación de instalaciones dentro del contexto de la cadena de suministros, para mantener una ventaja competitiva estratégica y enfocarse hacia la satisfacción del cliente.

Los objetivos de la planeación de instalaciones son (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006):

- Mejorar la satisfacción del cliente al facilitar sus transacciones, cumplir las promesas a éste y responder a sus necesidades.
- Aumentar el retorno sobre los activos (ROA) al maximizar la rotación del inventario, minimizar el inventario obsoleto, maximizar la participación de los empleados y maximizar el mejoramiento continuo.
- Maximizar la velocidad para una rápida respuesta al cliente.
- Reducir los costos y aumentar la rentabilidad de la cadena de suministros.
- Integrar la cadena de suministros mediante asociaciones y comunicación.
- Apoyar la visión de la organización a través del mejoramiento del manejo de materiales, el control de materiales y de un buen mantenimiento.
- Utilizar con eficiencia al personal, el equipo, el espacio y la energía.
- Maximizar el retorno de la inversión (ROI) en todos los gastos de capital.
- Ser adaptable y promover la facilidad de mantenimiento.

- Ofrecer a los empleados seguridad y satisfacción en el empleo.

Para el éxito de un proceso de planeación de instalaciones, es importante tener en cuenta que en algunas ocasiones se encontrarán conflictos entre los objetivos anteriormente mencionados, por lo que se debe evaluar el desempeño de cada alternativa mediante el uso de criterios adecuados.

### 1.3.6 Proceso para la planeación de instalaciones.

El proceso de planeación de instalaciones está conformado por la planificación de la instalación, realizada una sola vez, y el proceso de rediseño el cual debe de alinearse a los objetivos de la instalación, los cuales son siempre cambiantes.

Por esto el proceso de planeación de instalaciones debe de realizarse por medio de tres fases, de las cuales las dos primeras son realizadas por las personas que tienen la responsabilidad general de la planeación y la administración de la instalación.

A continuación se describirán las fases del proceso de planeación de la instalación de producción de ECOPLACAS, basadas en los pasos recomendados en el libro "Planeación de Instalaciones" Tercera Ed. (Tompkins, White, Bozer, & Tanchoco, 2006), página 17:

**Tabla 4. Descripción de las Etapas para la planeación de la Instalación.**

ETAPAS DE LA FASE		DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA PARA LAS ECOPLACAS
F A S E 1	1. Definir el objetivo de la instalación	Producir ECOPLACAS por medio de un proceso productivo continuo y con bajos costos de producción.
	2. Especificar las actividades primarias y de apoyo	<p><b>Actividades primarias:</b> Las operaciones, equipos, personal y flujo de material requerido para la fabricación de las ECOPLACAS, son: Pulper, Agitador, Twin Wire Press, Cortadora, Horno, Maquinas para corte y pegado del creamface y el grayback, etiquetado y personal para el manejo de la maquinaria.</p> <p><b>Actividades de apoyo:</b> Las operaciones, equipos y personal necesario para el óptimo desarrollo de las actividades primarias, son: Equipos de transporte, personal y equipos de mantenimiento, y espacio, personal y maquinaria para el almacenamiento tanto de materia prima como de producto terminado.</p>
F A S E 2	3. Determinar las interrelaciones	<p><b>Relaciones Cuantitativas:</b> Inicialmente definida por la mezcla de las ECOPLACAS, que relaciona el funcionamiento del pulper y el agitador, los cuales necesitan de una adecuada medición de cada una de las materias primas dentro de la mezcla, para garantizar las propiedades químicas y mecánicas del producto. Más</p>

ETAPAS DE LA FASE	DESCRIPCIÓN DE LA ETAPA PARA LAS ECOPLACAS
	<p>adelante en el proceso se habla en término de placas por lote, por lo que ésta sería la unidad de medida que relaciona un proceso con otro, durante el resto de las operaciones.</p> <p><b>Relaciones Cualitativas:</b> Se observa el horno, el cual busca quitarle a la placa la mayor cantidad de humedad, con el fin de darle la consistencia final que ésta requiere; y también se observa este tipo de relación, en el proceso de corte, ya que busca dar las dimensiones finales a la ECOPLACA.</p>
<p><b>4. Determinar los requerimientos de espacio</b></p>	<p>Este proceso se realiza en cada una de las operaciones del proceso productivo, con el fin de identificar las superficies, estática, gravitacional y de evolución, para el total de la planta.</p> <p>Se = Superficie estática, la cual se calcula sobre cada máquina  Sg = Superficie Gravitacional, la cual se calcula para identificar los espacios requeridos para el movimiento de los operarios  Sv = Superficie de evolución, la cual se calcula para identificar los espacios requeridos para el movimiento de materiales</p> <p>Para esta actividad es fundamental contar con las dimensiones finales de las maquinas que se van a implementar en el proceso.</p>

Es importante tener en cuenta que el alcance de éste trabajo de grado, abarca las anteriores dos fases y las actividades en ellas mencionadas, por lo que las personas que continúen con el proceso de implementación de la instalación requerida para la fabricación de ECOPLACAS, deben saber que dentro de la fase dos se encuentran tres actividades más que ayudan a la adecuada selección de la instalación a implementar, las cuales son: Generar un plan de instalación alterno, Evaluar el plan alterno y Seleccionar el plan adecuado. Además, existe una tercera fase que cuenta con tres actividades llamadas: Implementación del plan de instalación, Mantener y adoptar el plan de instalación definido y Redefinir el objetivo de la instalación; los cuales también deben ser desarrollados por las personas que vayan a realizar la implementación de la instalación.

### 1.3.7 Estrategias para el Desarrollo de la Planeación de Instalaciones.

La planeación de instalaciones es, en sí misma, un proceso estratégico y debe ser una parte integral de la estrategia corporativa, ya que cuando las empresas no conocen la relación entre las decisiones de la planeación de instalaciones y la estrategia corporativa,

pueden generarse instalaciones y procesos muy poco competitivos, que resultan costosos y que requieren mucho tiempo para modificarse.

La planeación de instalaciones afecta la estrategia corporativa, tanto como la estrategia corporativa afecta a la planeación de instalaciones.

Por lo tanto, la correcta estrategia para el desarrollo de la planeación de instalaciones requiere ser integrada con los demás elementos de la estrategia general de la corporación, permitiendo que todos los elementos de la organización trabajen en pro de los objetivos y metas de la empresa, la cual se puede ver afectada por los sobrecostos que se generan al realizar una incorrecta estrategia para la planeación de instalaciones, en la cual los cambios en el diseño aumentan de manera exponencial conforme el proyecto avanza más allá de las fases de planeación y diseño. Además, debe tenerse en cuenta que dentro de la estrategia de planeación de instalaciones se debe incluir los procesos de distribución y producción, junto con el almacenamiento, el traslado, la protección y el control de los materiales.

Por lo que la planeación de instalaciones no debe aceptar demoras en la información, sino que requiere una asociación e integración de la información, buscando que todos los participantes en el proceso, como son: Mercadotecnia, desarrollo de productos, producción, control de inventarios, recursos humanos y finanzas; comuniquen correcta y rápidamente lo que hacen a los demás, lográndose así una comunicación vigorosa y simultánea, que permite cumplir con la demandas actuales de velocidad de respuesta.

## 2. METODOLOGÍA DEL PROYECTO

Tabla 5. Metodología a Desarrollar.

Fase	Actividades	Metodología - Procedimiento
<p><b>Identificar los requerimientos necesarios para la fabricación de las ECOPLACAS que permita hacer una propuesta técnica a nivel industrial en términos de maquinaria, equipos, procedimientos y costos.</b></p>	<p>Definir las fuentes bibliográficas relacionadas con la estandarización del producto y su proceso de obtención.</p>	<p>Buscar en la industria y en la academia.</p>
	<p>Consultar las fuentes definidas.</p>	<p>Consulta sobre el proceso productivo de los paneles de yeso-cartón y sobre la construcción liviana en seco. Búsqueda por Internet, libros del tema, con ediciones actuales, artículos y en la misma industria.</p>
	<p>Realizar la propuesta de escalado a nivel industrial y estandarizado del proceso productivo de las ECOPLACAS.  (Determinar los requisitos que deberán ser cumplidos por el proceso productivo para la obtención del producto, al igual que los requisitos de éste último)</p>	<p>Analizar el tamaño de mercado objetivo.</p>
		<p>Consulta sobre los estándares y requerimiento necesarios para el escalado y estandarizado del proceso a nivel industrial</p>
		<p>Definir la tipología de maquinaria y equipo que permita cumplir con los estándares identificados y el volumen de materia prima a producir.</p>
		<p>Identificar los posibles proveedores de acuerdo con las características de la maquinaria y equipo.</p>
		<p>Establecer los costos de adquisición de maquinaria y equipo.</p>
	<p>Documentar.</p>	<p>Definición del proceso, secuencia de maquinaria, cantidad de personal y cualquier otro requerimiento necesario para el proceso industrializado.</p>
		<p>Recolección de la información y los resultados obtenidos. Unificación y documentación de todo el proceso realizado.</p>

Fase	Actividades	Metodología - Procedimiento
		Generar conclusiones y sugerencias de acuerdo con lo encontrado en la propuesta de estandarizado y escalado industrial del proceso productivo de las ECOPLACAS.
<b>Realizar el diseño de planta adecuado para el escalado a nivel industrial.</b>	Buscar un computador que cuente con el software que necesito para el diseño.	Investigar donde y cuánto cuesta el alquiler de un computador que cuente con los software que requerimos.
	Realizar el diseño de planta adecuado para el escalado a nivel industrial.	Identificar los flujos de personal, materia prima, producto en proceso, producto terminado, vehículos de aprovisionamiento y despachos.
		Realizar el análisis de espacios por puesto de trabajo de acuerdo con el volumen de producción que será obtenido, las características de materia prima y las características del producto en proceso o terminado.
		Definir las condiciones de seguridad de los puestos de trabajo (iluminación, ventilación, ruido, temperatura, control de material particulado, etc.).
		Definir los requisitos de aprovisionamiento de cada puesto de trabajo (materias primas, producto en proceso, producto terminado, energía, aire comprimido, gas, vapor, equipos, dispositivos, medios de empotramiento etc.).
		Dimensionar de acuerdo con los tamaños del mercado las áreas de apoyo a la producción (vestieres, baños, almacenes, patios de maniobras, zonas de generación de energía, medios de distribución de energía, administración etc.).
		Obtener una distribución teórica inicial.
Establecer costos de instalación.		
	Solicitar el estudio de mercado realizado por los Ingenieros Ambientales Jorge Mario Giraldo Orozco y Roberto Ochoa Jiménez.	Llamarlos o enviarles un correo electrónico.



Fase	Actividades	Metodología - Procedimiento
<b>Validar el estudio de mercado e identificar aliados que favorezcan la comercialización de las ECOPLACAS.</b>	Analizar el estudio de mercado realizado anteriormente y realizar el informe de validación.	Cinco fuerzas de Porter y Análisis de las 4P's
	Investigación de los posibles aliados comerciales.	Buscar en internet y en el sector construcción.
	Realizar la propuesta de los aliados comerciales.	Documento en el que se da toda la información referente a los posibles aliados.
	Documentar.	Realizar un informe que muestre la validación del mercado y los aliados comerciales.
	Preparación del trabajo de grado.	Unificar toda la información relacionada con el estudio técnico, la validación del mercado y la propuesta de aliados comerciales.
Realización del trabajo de grado.		
Realizar las conclusiones y recomendaciones a los estudios realizados.		
<b>Terminación del Proceso.</b>	Entrega el trabajo de grado.	

### 3. DESARROLLO DE LA ESTANDARIZACIÓN INDUSTRIAL DEL PROCESO DE FABRICACIÓN DE PANELES A PARTIR DE LODOS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA PAPELERA

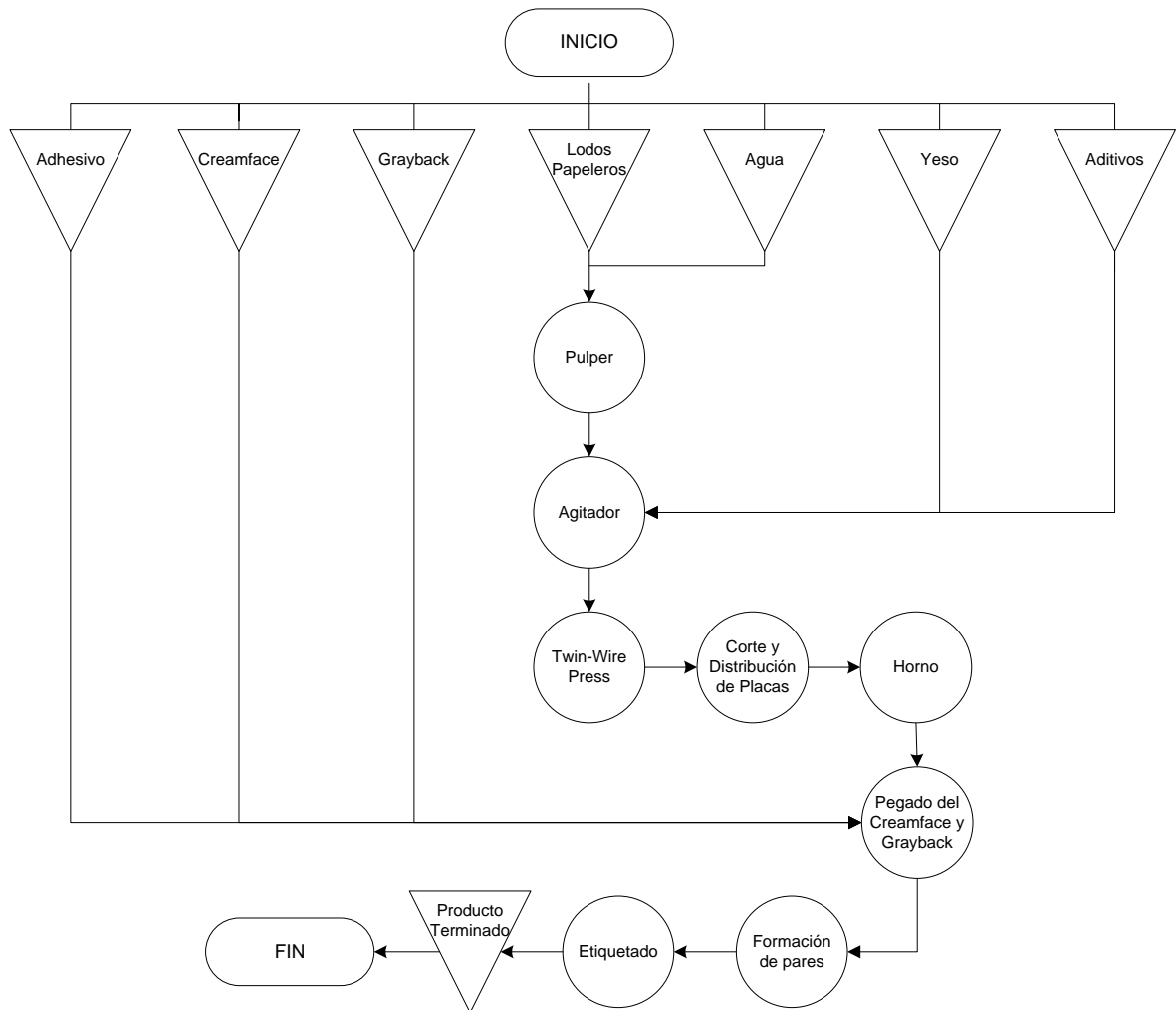
#### 3.1 PROPUESTA PARA ESCALADO DEL PROCESO.

Antes de iniciar con las especificaciones que debe tener el escalado industrial de la planta de producción de ECOPLACAS, es importante definir los diferentes procesos que intervienen en dicha fabricación, identificados en el diagrama de proceso de la figura 2, con el fin de producir ECOPLACAS de alta calidad, que cumpla con las especificaciones descritas en la tabla 6.

**Tabla 6. Especificaciones actuales de las ECOPLACAS.**

DESCRIPCIÓN	UND	CANT
<b>Mezcla por ECOPLACA</b>		
Peso lodos al 39% de H	kg/placa	20,74
Yeso (Corona Ref.: Campana)	kg /placa	7,35
Densidad del Yeso Campana	kg /m <sup>3</sup>	800,00
Volumen del agua a agregar	L/placa	40,92
Aditivos	kg /placa	1,29
Densidad del aditivo	kg /m <sup>3</sup>	1 450,00
<b>PESO TOTAL DE LA MEZCLA (96%)</b>	<b>kg/placa</b>	<b>70,29</b>
<b>Dimensiones de las ECOPLACAS</b>		
Largo	mm	2 440,00
Ancho	mm	1 220,00
Espesor	mm	12,70
Peso de la ECOPLACA	kg	22,80
Densidad de la ECOPLACA terminada	kg/m <sup>3</sup>	603,09

Por otro lado, es importante que se tenga presente que la ubicación final de la planta de producción no ha sido definida, por lo que la maquinaria y su distribución en un espacio físico serán lo más optimizadas posible, con el fin de dar a conocer el mínimo espacio que se requiere para dicha instalación.



**Figura 2. Diagrama de Proceso (Industrializado).**

### 3.1.1 Cálculos de capacidad.

#### 3.1.1.1 Planta de Producción:

Para calcular la capacidad de la planta de producción, es importante determinar inicialmente la cantidad de lodos diarios a los que se tendría acceso, ya que éste dato, según requerimientos de los Ingenieros Ambientales Jorge Mario Giraldo Orozco y Roberto Ochoa Jiménez, determinará la capacidad, por lo que se sabe que actualmente se cuenta con aproximadamente 47 t/día<sup>1</sup>, cantidad que se recibiría del proveedor<sup>2</sup> con el cual se han venido realizando negociaciones. Esta cantidad se afectará por un 50% más,

<sup>1</sup> Información suministrada por los Ingenieros Ambientales Jorge Mario Giraldo Orozco y Roberto Ochoa Jiménez

<sup>2</sup> Información confidencial

con el fin de calcular capacidades, determinar maquinarias y especificar espacios que puedan ser útiles, por más de 4 o 5 años.

Con lo anterior, la planta de producción contaría con una disponibilidad diaria de 70,5 t/día de lodos, las cuales afectadas por un desperdicio supuesto del 10%, permiten procesar 6 lotes diarios de 509 placas, es decir, 2 placas/min, ya que ésta es la capacidad de producción que tiene el horno de secado, el cual es la restricción del proceso.

Por otro lado, la planta de producción trabajará 8 horas/turno, 3 turnos/día, distribuidos de la siguiente forma: (6am – 2pm), (2pm – 10pm) y (10pm, 6am), por 7 días/semana; tiempo en el cual se debe producir la cantidad de ECOPLACAS definidas anteriormente, contando con el personal propuesto en la tabla 7<sup>3</sup>:

**Tabla 7. Personal para la producción de ECOPLACAS.**

Turno	Tipo	Personal	Salario pagado al Empleado (COP)	Salario pagado por la Empresa (COP)	#	Total por Mes (COP)
Continuo	MOI	Ingeniero Industrial (Planea y dirige)	\$ 2 025 136,40	\$ 3 205 192,92	1	\$ 3 205 192,92
<b>TOTAL PERSONAL CONTINUO</b>			<b>\$ 2 025 136,40</b>	<b>\$ 3 205 192,92</b>	<b>1</b>	<b>\$ 3 205 192,92</b>
6am - 2pm	MOD	Operario	\$ 516 548,00	798 612,36	19	\$ 15 173 634,80
	MOI	Técnico de control	\$ 1 255 400,00	\$ 1 977 268,42	1	\$ 1 977 268,42
		Personal para montacargas	\$ 611 400,00	\$ 949 925,32	2	\$ 1 899 850,64
		Mantenimiento	\$ 979 400,00	\$ 1 536 978,52	1	\$ 1 536 978,52
		Almacenamiento, despacho y recibo	\$ 611 400,00	\$ 949 925,32	4	\$ 3 799 701,28
<b>TOTAL DEL TURNO DE 6am - 2pm</b>			<b>\$ 3 974 148,00</b>	<b>\$ 6 212 709,94</b>	<b>27</b>	<b>\$ 24 387 433,66</b>
2pm - 10pm	MOD	Operario	\$ 516 548,00	798 612,36	19	\$ 15 173 634,80
	MOI	Técnico de control	\$ 1 255 400,00	\$ 1 977 268,42	1	\$ 1 977 268,42
		Personal para montacargas	\$ 611 400,00	\$ 949 925,32	2	\$ 1 899 850,64
		Mantenimiento	\$ 979 400,00	\$ 1 536 978,52	1	\$ 1 536 978,52
		Almacenamiento, despacho y recibo	\$ 611 400,00	\$ 949 925,32	4	\$ 3 799 701,28
<b>TOTAL DEL TURNO DE 2pm - 10pm</b>			<b>\$ 3 974 148,00</b>	<b>\$ 6 212 709,94</b>	<b>27</b>	<b>\$ 24 387 433,66</b>
10pm - 6am	MOD	Operario	\$ 690 463,00	972 527,36	19	\$ 18 478 019,80
	MOI	Técnico de control	\$ 1 710 400,00	\$ 2 432 268,42	1	\$ 2 432 268,42
		Personal para montacargas	\$ 821 400,00	\$ 1 159 925,32	2	\$ 2 319 850,64
		Mantenimiento	\$ 1 329 400,00	\$ 1 886 978,52	1	\$ 1 886 978,52
<b>TOTAL DEL TURNO DE 10pm - 6am</b>			<b>\$ 4 551 663,00</b>	<b>\$ 6 451 699,62</b>	<b>23</b>	<b>\$ 25 117 117,38</b>
<b>TOTAL DEL PERSONAL</b>			<b>\$ 14 525 095,40</b>	<b>\$ 22 082 312,42</b>	<b>78</b>	<b>\$ 77 097 177,63</b>

<sup>3</sup> La cantidad de personal propuesto se puede definir con mayor precisión cuando se haya montado la planta, por medio de un estudio de métodos y tiempos.

### 3.1.1.2 Maquinaria.

#### a. Pulper:

El pulper es una máquina usada en la industria papelera para realizar el desfibrado de la celulosa, objetivo que también cumple en el proceso productivo de las ECOPLACAS, por lo que se requiere que a los lodos papeleros almacenados, al 61% de sequedad, se les agregue 40,92 L/placa de agua, es decir, el 58,21% de la mezcla, lo cual se logrará por medio de una dosificación de 82,83 L/min de agua que garanticen una producción entre el 4 - 9% de sequedad, lo cual se cumple en éste caso, ya que la mezcla llega al pulper con un 4% de sequedad (96% de humedad).

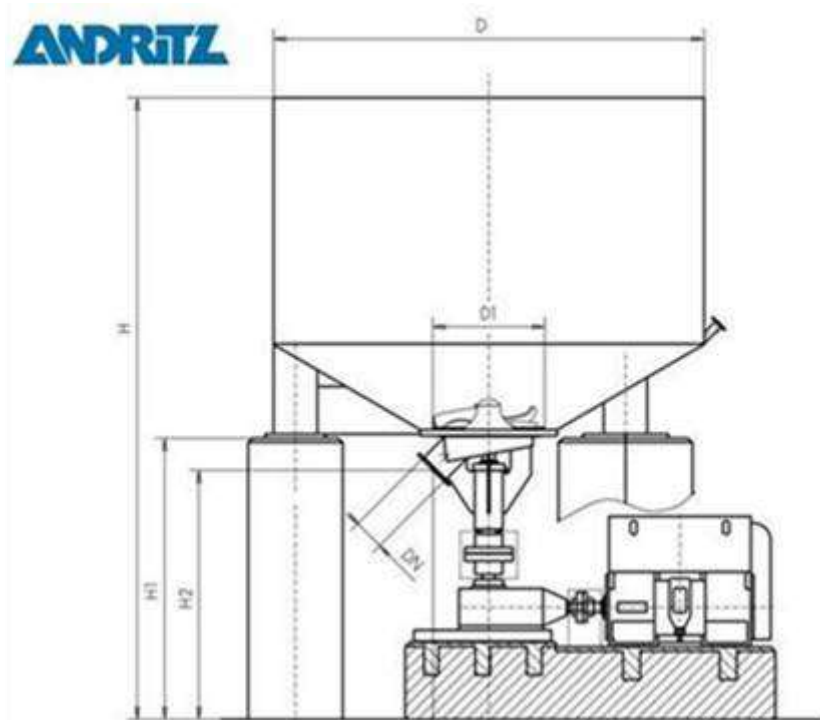
Esta máquina es fabricada por ANDRITZ, una empresa Austriaca con presencia mundial, la cual es líder en el montaje de plantas a la medida para industrias de pulpa y papel, acero y otros sectores especializados. El principal nicho de mercado para ANDRITZ es el de pulpa y papel, por lo que dicha máquina garantiza un óptimo desempeño en el proceso productivo de las ECOPLACAS, gracias a que:

- Genera bajos consumos de energía.
- Su producción puede programarse en lotes o flujos continuos.
- Su rotor logra una máxima eficiencia en el despulpado.
- Está fabricado en acero inoxidable, lo cual garantiza un largo ciclo de vida.

Conociendo las ventajas y características que tienen los pulper de ANDRITZ, véase esquema del pulper a implementar en la figura 3 (ANDRITZ GROUP, 2009), se procede a identificar cuál cumple con las características necesarias para la producción de los lotes de ECOPLACAS que se requiere diariamente, características determinadas en la tabla 8.

**Tabla 8. Características del Pulper.**

Características	Und	Valor
Capacidad en flujo de material	L/min	4 296,92
Capacidad volumétrica del tanque	L	6 016
Diámetro del Tanque (D)	m	2,21
Altura del tanque (H-H1)	m	1,58
Tiempo de Residencia	min	1,4



**Figura 3. Esquema del Pulper a implementar.**

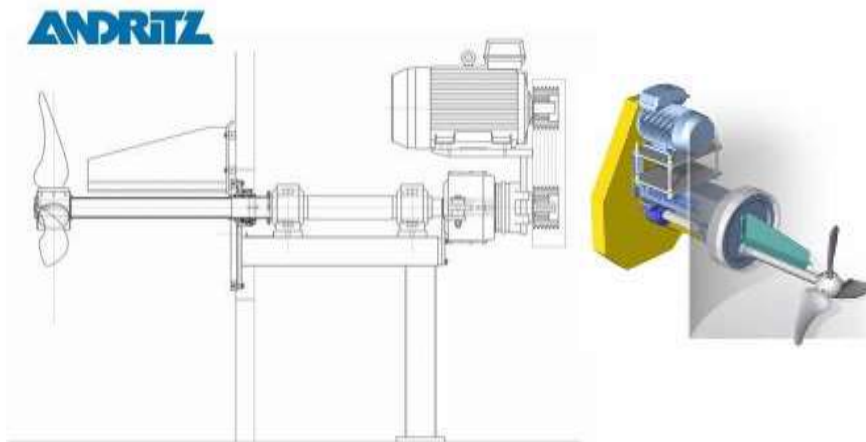
El pulper definido anteriormente, debe tener un volumen de tanque mucho mayor al flujo de material que procesará, ya que este proceso al ser muy turbulento puede generar reboces de material, que se evitan al sobredimensionar el volumen del tanque en aproximadamente 40%<sup>4</sup> del flujo que procesará.

Además, el pulper cuenta con dos sensores de nivel, ubicados en la parte superior e inferior del taque, los cuales determinan si el flujo de material debe agilizarse o detenerse, según sea el caso, permitiendo que el proceso sea lo más continuo y automatizado posible, por medio de un sistema de bombeo que determinará ANDRITZ al momento de montar la planta de producción.

**b. Agitador TurboMix™ TMX Agitator:**

Es el ensamble de un tanque y una hélice en acero inoxidable desarrollada por ANDRITZ, véase figura 4 (ANDRITZ GROUP, 2009), que busca realizar una mezcla homogénea entre la celulosa proveniente del pulper (lodos papeleros), el yeso y los aditivos, necesarios para la producción óptima de ECOPLACAS, garantizando un bajo consumo de energía.

<sup>4</sup> Dato supuesto por las Ingenieras Industriales Diana María Gómez Medina y Luisa Fernanda Jiménez



**Figura 4. Agitador TurboMix™ TMX Agitator.**

Dicho tanque será de fabricación nacional, teniendo presente las especificaciones de capacidad y flujo de material que se requieren para el proceso, junto con las especificaciones técnicas determinadas por ANDRITZ, lo cual garantice un óptimo desempeño, junto con el beneficio del bajo costo que se genera al fabricarlo en el país.

Además, al igual que el pulper, este tanque debe contar con un factor de sobredimensionamiento en su capacidad volumétrica, por lo que se supuso un factor del 20%, el cual evitará el desbordamiento de material que podría generarse en este proceso; también contará con sensores de nivel que regulan la producción de la mezcla, por medio de un sistema de bombeo que implementará ANDRITZ al momento del montaje de la planta, permitiendo un flujo automatizado y continuo de material según el nivel en el que éste se encuentra.

Las características que debe cumplir el agitador, según el proceso productivo, se detallan en la tabla 9.

**Tabla 9. Características del Tanque del agitador.**

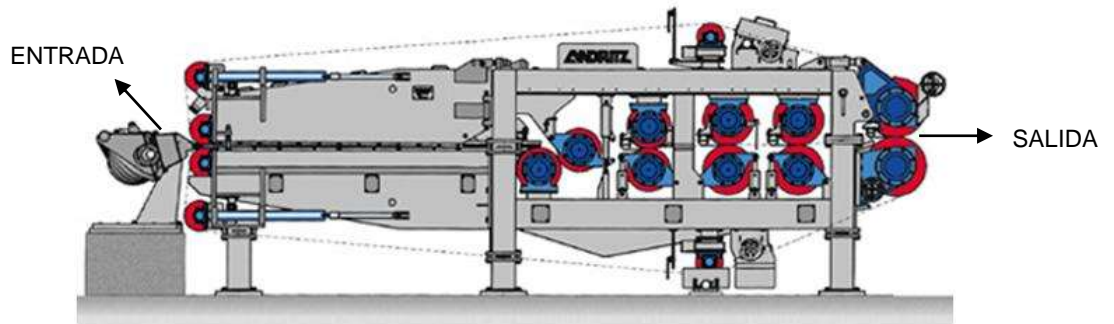
<b>Características</b>	<b>Und</b>	<b>Valor</b>
Capacidad en flujo de material	L/min	4 317,08
Capacidad volumétrica del tanque	L	5 181
Diámetro del Tanque	m	1,68
Altura del tanque	m	2,35
Tiempo de residencia	min	1,2

**c. Twin-Wire Press:**

Es la maquina, fabricada por ANDRITZ, encargada de realizar el conformado de la ECOPLACA, por medio de presión a través rodillos y bandas, lo que a su vez

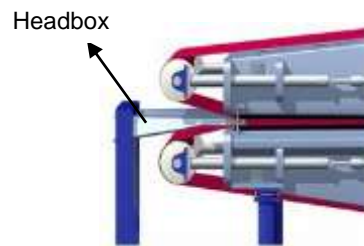
genera una extracción mecánica de agua, logrando aproximadamente el 60% de sequedad en la mezcla.

Con dicha máquina, véase figura 5, se logran resultados como: buen acabado en la placa, tanto en la parte superior como inferior, alta resistencia a la tracción y una muy buena compactación de las fibras de celulosa, y todo esto garantizando un bajo costo de operación y mantenimiento debido a su diseño simplificado, y bajo consumo de energía.



**Figura 5. Vista lateral del Twin-Wire Press.**

Por otro lado, debido a que la mezcla de las ECOPLACAS es de baja consistencia, es decir 4 % de sequedad, se requiere de presión para introducirla al Twin Wire Press (TWP), por lo que éste requiere un headbox como puerta de entrada para la mezcla, véase en la figura 6.



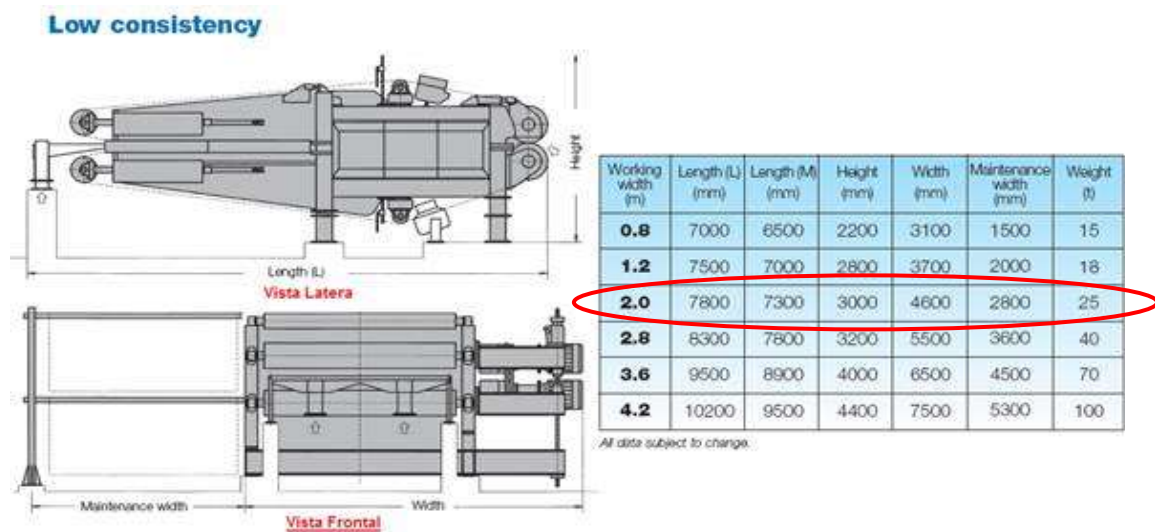
**Figura 6. Entrada a presión del Twin Wire Press.**

Con la información anterior, se procede a definir las especificaciones del TWP, véase tabla 10, que cumplan los requerimientos del proceso productivo de las ECOPLACAS, teniendo presente los parámetros de diseño y procesamiento determinado por el fabricante, los cuales se observarán en la figura 7 (ANDRITZ GROUP, 2009).



**Tabla 10. Características de Twin Wire Press.**

Características	Und	Valor
Capacidad	placas/min	23,00
Ancho Total de la máquina	m	7,40
Largo Total de la máquina	m	7,80
Alto Total de la máquina	m	3,00
Ancho de trabajo total	m	2,00
Ancho de trabajo útil <sup>5</sup>	m	1,30



**Figura 7. Imagen del Twin Wire Press a implementar y sus posibles dimensiones.**

**d. Cortes<sup>6</sup>:**

Los cortes transversales y longitudinales se realizan a la salida del TWP, en una mesa de banda transportadora que procesa 23 placas/min, y que se encarga de dar las dimensiones necesarias a la ECOPLACA para que al contraerse, en el proceso de secado, quede con las dimensiones finales de 1,22 x 2,44 m.

<sup>5</sup> Consiste en el ancho por el cual van a salir las placas ya conformadas, incluyendo 1cm de contracción por cada lado

<sup>6</sup> Máquina diseñada y descrita por las elaboradoras de éste trabajo de grado, fundamentadas en sus conocimientos industriales y del proceso productivo de las ECOPLACAS.

Las dimensiones descritas en ésta máquina son aproximadas, según las dimensiones de las ECOPLACAS, factores de sobredimensionamiento e información adquirida en el mercado.

Para empezar, es importante remitirse a la véase figura 8, en la cual se observarán las herramientas que forman parte de la máquina de corte de ECOPLACAS (C), las cuales se describen a continuación:

- Corte longitudinal de la placa (A): Es el que le da el ancho a la ECOPLACA de 1,24 m, realizado a través de un par de cuchillas giratorias ubicadas a cada lado de la mesa, realizando el corte a medida que va saliendo la lámina de mezcla.
- Corte transversal de la placa (B): Es el que le da el largo a la ECOPLACA de 2,46 m, realizado a través de una cuchilla giratoria que cuenta con una velocidad tangencial igual a la velocidad de la banda transportadora, generando ésta operación gracias a la orden dada por temporizadores automáticos programado según la velocidad de la banda.

A continuación, en la tabla 11, se muestran las dimensiones necesarias para el sistema de corte.

**Tabla 11. Dimensiones de la cortadora.**

Dimensión	Und	Valor
Ancho	m	1,83
Largo	m	4,16

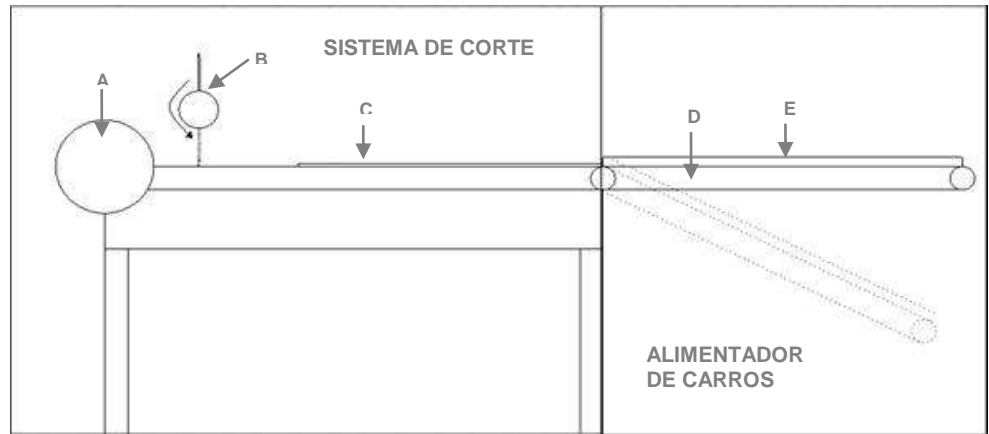
**e. Alimentador de Carros del horno:**

Después de realizados los cortes, véase figura 8, las ECOPLACAS pasan a una banda transportadora (D) que a través de un movimiento vertical, desde un punto fijo ubicado al finalizar la banda del corte, distribuye cada una de las placas a los diferentes niveles de cada carro con la ayuda de guías (E) que garantizan un correcto posicionamiento de la placa en éstos; dichos carros son manejados por operarios que se encargan de ubicarlos en el lugar correcto para que lleguen cada una de las placas al piso adecuado, a una velocidad de 23 placas/min, para luego llevarlo directamente al horno, o al lugar destinado para esperar el acceso a éste.

A continuación, en la tabla 12, se muestran las dimensiones necesarias para el alimentador de carros del horno y en la figura 8, se encuentra el esquema de la máquina de corte y del alimentador descrito anteriormente.

**Tabla 12. Dimensiones para el alimentador de carros del horno.**

Dimensión	Und	Valor
Ancho	m	1,83
Largo	m	2,93



**Figura 8. Esquema de la máquina de corte y del alimentador de carros del horno.**

**f. Horno:**

Al ser el secado de las ECOPLACAS el proceso restrictivo dentro de la planta de producción, se requirió de una investigación que permitiera identificar un horno que secara todas las placas que se puedan producir a partir de las 70,5 t de lodos diarios, con los que dispondría la planta, por lo que se definió que la forma más adecuada para este proceso estaba dada por un horno que funcionara por lotes<sup>7</sup>, ya que no es posible tener un horno continuo, por razones de espacio y costo, los cuales serían mucho más elevados frente a ésta opción.

El horno determinado tiene un porcentaje de utilización del 100%, ya que funciona durante las 24 horas, pero cuenta con un porcentaje de eficiencia del 75%, valor determinado por el tiempo supuesto de 45 min de ineficiencia que debe permanecer el horno cerrado sin producir placas, ya que tiene que recuperar la temperatura inicial con la que se deben secar las ECOPLACAS.

Dicha temperatura se observa en la tabla 13, por medio de la rampa de temperatura definida para el proceso de secado<sup>8</sup>.

**Tabla 13. Rampa de temperatura para el secado de ECOPLACAS.**

Momento del proceso	°C	Tiempo
Entrada de la ECOPLACA	180	1 h
Proceso de secado	150	½ h
	100	½ h
	70	½ h

<sup>7</sup> El horno fue cotizado con la empresa Premac Energy, ubicada en el municipio de Itagüí.

<sup>8</sup> Información suministrada por los Ingenieros Ambientales Jorge Mario Giraldo Orozco y Roberto Ochoa Jiménez

Momento del proceso	°C	Tiempo
Salida de la ECOPLACA	50	½ h

Con la información anterior y una capacidad diseñada de 24 horas, se determinó que el horno cuenta con una capacidad disponible de 18 horas/día, es decir, 6 lotes de secado/día, con 509 placas a secar por lote, lo cual necesita para su cumplimiento del uso de 22 carros de 2 metros de alto<sup>9</sup>, en los cuales se ubican 49 placas/carro.

Basados en la información anterior, es importante explicar la razón por la que se van a implementar 22 carros, lo cual se justifica en la premisa de que el horno es el recurso con capacidad restringida (RRC) del proceso, por lo que se debe explotar a su máxima capacidad, con el fin de evitar la mayor cantidad de tiempos muertos que puedan haber durante la producción; por ésta razón, los 11 carros que no se encuentran dentro del horno durante el proceso de secado, son utilizados para ahorrar el tiempo de alistamiento que se tendría que realizar para cargar nuevamente 11 carros e ingresarlos al hornos, inmediatamente este esté listo para un siguiente lote.

A continuación, en la tabla 14, se muestran las dimensiones especificadas para el horno y los carros que lo alimentan:

**Tabla 14. Dimensiones del horno y carros.**

Dimensión	Und	Valor
Ancho del Horno	m	5,31
Largo del Horno	m	11,73
Ancho del carro	m	1,30
Largo del carro	m	2,58

Dichos carros, fabricados en acero al carbón, son introducidos por el ancho del horno, en grupos de 11 carros que acceden a éste igualmente por su ancho, gracias a la implementación de tres filas de rieles, de 19,48 m de largo, que ayudadas por un sistema motoreductor con cadenas, piñones y ganchos, permiten el desplazamiento de los carros a través del horno. Dicho sistema requiere que los operarios ubiquen los carros cargados con 49 placas en la parte inicial de cada fila de rieles, con el fin de que el sistema de desplazamiento, al ser activado manualmente por un operario, agarre el carro, por la parte inferior de éste, por medio de ganchos y lo traslade una distancia igual al largo del carro, con el fin de dejar el espacio para la llegada de otro carro, garantizando una fácil entrada y salida de los carros.

<sup>9</sup> Información suministrada por el Director de Ingeniería de Premac.

Además, al finalizar el proceso de secado, los operarios retiran los carros del horno con la ayuda del sistema de desplazamiento motoreductor, lo cual facilitará la alimentación del siguiente proceso productivo, y vuelven a su posición inicial, la entrada del horno, por medio de operarios que los trasladan, a lo largo del horno.

**g. Pegado del Creamface y Grayback<sup>10</sup>:**

Antes de iniciar con ésta descripción, es necesario tener presente que la máquina que se describe a continuación, se basa en el funcionamiento básico de una máquina para la producción de toallas higiénicas; ya que en ésta se encontraron las operaciones requeridas para el proceso de pegado del creamface y grayback, pero no fue considerada como una máquina adecuada para este proceso, ya que no cumplía con las dimensiones que las ECOPLACAS necesitan para ser procesadas.

Basados en lo anterior, se inicia a continuación la adaptación de dicha máquina al proceso productivo de las ECOPLACAS, el cual requiere de un flujo continuo que comience con la entrada de las placas secas, las cuales son alimentadas por los operarios del post-secado, y termine con las ECOPLACAS en sentido longitudinal, con el papel pegado adecuadamente. Para dicha descripción es importante observar el esquema que se muestra en la figura 9, con el fin de identificar la parte de la máquina que se esté describiendo.

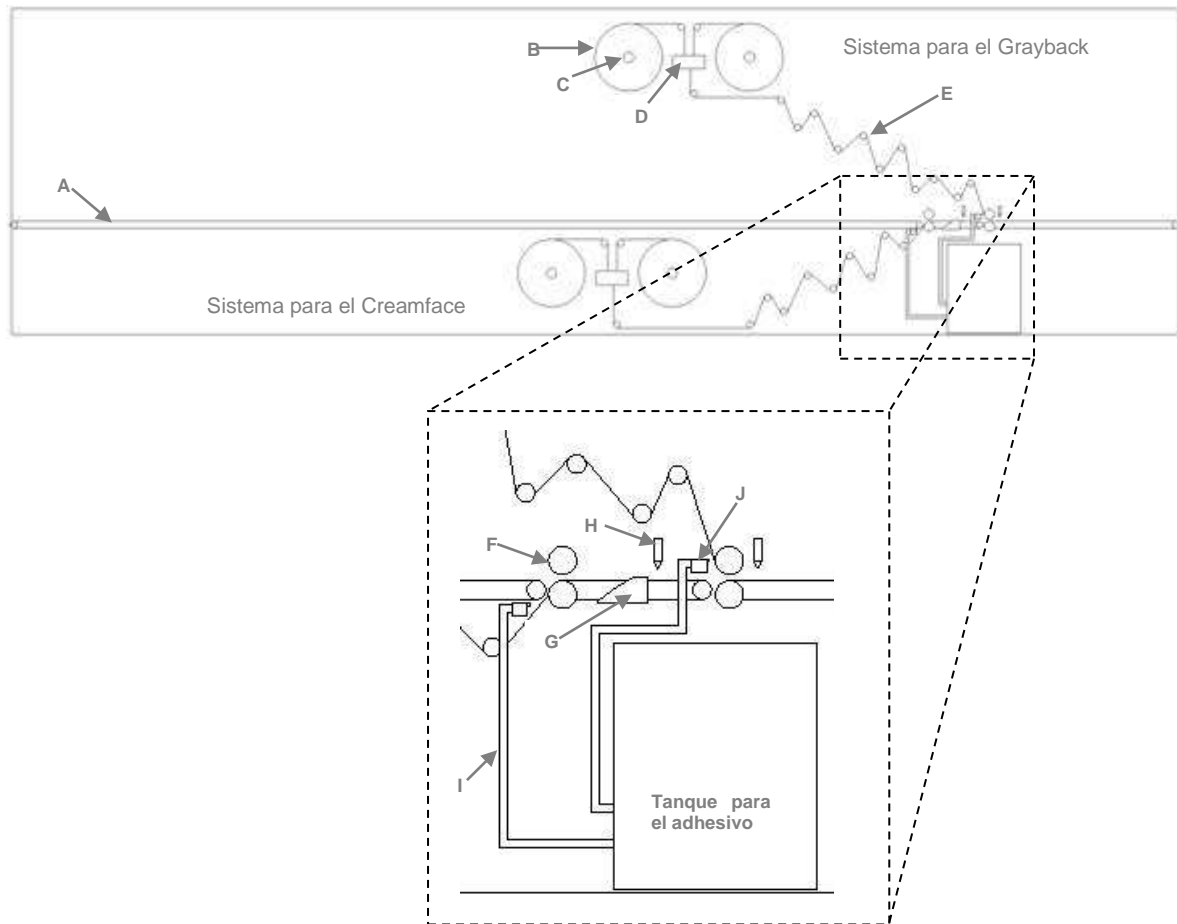
El pegado del creamface comienza desde el posicionamiento del rollo (B), el cual es ubicado en un debobinador (C) que alimenta a la máquina con el papel que ésta necesita; a través de revoluciones que varían automáticamente según la velocidad de trabajo de la máquina y la presencia de placas a procesar; lo cual se logra mediante el uso de sensores que dan la orden al debobinador, sobre cuándo debe alimentar o no a la máquina con el papel que se necesita, garantizando un muy bajo desperdicio del papel. Este debobinador está ubicado en la parte inferior de la máquina, y para garantizar un flujo continuo debe estar acompañado de otro debobinador y de un empalmador (D), el cual tiene como función pegar el último tramo del rollo que se está usando con el primer tramo de un nuevo rollo, garantizando que no hayan paros innecesarios en la máquina.

Después del proceso anterior, el papel debe pasar por un sistema de enhebres (E) al salir del empalmador, el cual garantiza mantener la tensión y eliminar la memoria del papel, permitiendo un óptimo proceso de pegado, junto con centradores que garanticen la correcta posición del papel.

---

<sup>10</sup> Máquina diseñada y descrita por las elaboradoras de éste trabajo de grado, fundamentadas en sus conocimientos industriales y del proceso productivo de las ECOPLACAS.

Las dimensiones descritas en ésta máquina son aproximadas, según las dimensiones de las ECOPLACAS, factores de sobredimensionamiento e información adquirida en el mercado.



**Figura 9. Esquema de la máquina para el pegado del Creamface y del Grayback.**

Además, para garantizar una buena adherencia del papel, este deberá pasar junto con la placa a través de un par de rodillos (F), los cuales unan el papel a la placa garantizando un pegado uniforme y sin burbujas, para luego llegar a una canoa (G) que realice el pliegue del creamface sobre el lado de 2,44 m de la placa. Al estar el creamface pegado y doblado como se requiere, la placa pasa a través de una guillotina (H), la cual realiza el corte del papel según lo ordenen los sensores que determinan la presencia de placas, garantizando un corte exacto en cada uno de los extremos.

Luego, se realiza el pegado y corte del grayback, el cual cuenta con las mismas características y condiciones descritas anteriormente, a excepción del pliegue del papel, ya que el grayback no necesita realizar ésta operación. Este sistema de pegado se encuentra en la parte superior de la máquina, debido a que el pegado se realiza sobre la cara superior de la ECOPLACA, lo cual requiere que los

debobinadores, el empalmador y los enhebres, estén ubicados por encima de la mesa de banda transportadora.

Cada papel debe llegar a la placa con el adhesivo ya impregnado, lo cual se realiza a través de un sistema que trabaja en caliente, el cual contaría con:

1. Tanque: En este se realiza la fundición de 350 g/placa de adhesivo junto con 0,79 L/placa de agua, y cuenta con: resistencias para generar la temperatura requerida, sistema de control de temperatura, sensores de nivel, bombas y filtros. Este sistema permitirá mantener una temperatura determinada y a su vez regularla según sea requerido por el proceso.
2. Mangueras (I): Éstas transportan el adhesivo hacia las pistolas, manteniendo durante el transporte la temperatura de trabajo que tenía el adhesivo en el tanque.
3. Pistola (J): Es la parte del sistema encargada de recibir el adhesivo que viene de la manguera, mantenerlo caliente, transportarlo a través de conductos y módulos, y dispensarlo por medio de boquillas al papel, de forma homogénea y sobre toda la superficie.

A continuación, en la tabla 15, se muestran las dimensiones y condiciones necesarias para el sistema de pegado del creamface y grayback.

**Tabla 15. Dimensiones totales de la máquina para el pegado del creamface y grayback.**

Dimensión	Und	Valor
Largo	m	17,08
Ancho	m	3,22

#### **h. Formación de pares<sup>11</sup>:**

Esta operación, véase figura 10, se realiza inmediatamente después de terminado el pegado del creamface y del grayback, y busca unir dos placas (A), a una velocidad de 1 par/minuto, y a su vez cambiar el sentido de desplazamiento de éstas, lo cual es necesario para realizar el proceso de etiquetado de las placas.

Esta operación se realiza desplazando una placa por medio de la última mesa de banda transportadora de la máquina de pegado hasta un apilador (B) que busca crear los pares de ECOPLACAS, por medio de un nivelado que desciende cada vez que recibe una placa, es decir: Después del proceso de pegado de papel, sale la primera placa a apilar, la cual al llegar al apilador desciende el mismo espacio

---

<sup>11</sup> Máquina diseñada y descrita por las elaboradoras de éste trabajo de grado, fundamentadas en sus conocimientos industriales y del proceso productivo de las ECOPLACAS.  
Las dimensiones descritas en ésta máquina son aproximadas, según las dimensiones de las ECOPLACAS, factores de sobredimensionamiento e información adquirida en el mercado.

de su espesor, con el fin de que la siguiente placa que venga en el proceso de ubique sobre ella sin generarle ningún problema a su acabado final. Luego, por medio de un empujador (C), el cual al tener apiladas dos ECOPLACAS, las empuja hacia una mesa de rodillos en la que se transportan hasta la siguiente operación.

Dicho empujador tiene un ancho de 2,79 m, es decir, 0,39 m más que el ancho de la ECOPLACA, con el fin de evitar averías al momento de realizar el empuje para el cambio de dirección. Dicho empujador cuenta con un material suave que garantice que durante esta operación no se genere ningún daño, ni imperfecto en la placa.

A continuación, en la tabla 16, se muestran las dimensiones necesarias para el sistema de formación de pares de placas.

**Tabla 16. Dimensiones de la máquina para el formado de parejas.**

Dimensión	Und	Valor
Ancho	m	2,22
Largo	m	3,22

**i. Etiquetado<sup>12</sup>:**

Ésta es la última operación en el proceso productivo de las ECOPLACAS, y es la encargada de generar el empaque que será presentado al cliente final.

El proceso, véase figura 10, se realiza en la mesa de rodillos mencionada anteriormente (D), a una velocidad de 1 par/min, la cual transporta los pares de placa hacia dos encintadoras (E) ubicadas a ambos lados de la mesa, alimentados por la etiqueta que contiene la información de la ECOPLACA (dimensiones, referencia, marca y código de barras), y que se encarga de empaçar cada par de placas resultantes del proceso productivo.

Luego de ser colocada la etiqueta, una cuchilla la corta (G) según la orden de un sensor que determina la presencia de un par de placas, las cuales pasan por una canoa (F) que genera un dobles de la etiqueta tanto por encima como por debajo del par de ECOPLACAS, con el fin de fortalecer la unión entre ellas.

Al terminar este proceso, el par de ECOPLACAS pasan sobre un apilador (H) que acumula 30 pares de ECOPLACAS, el cual se va nivelando cada vez que estos caen, para que no se generen imperfectos o daños en éstas. Éste apilador cuenta con canales que permiten que un montacargas tome el grupo de pares, para

---

<sup>12</sup> Máquina diseñada y descrita por las elaboradoras de éste trabajo de grado, fundamentadas en sus conocimientos industriales y del proceso productivo de las ECOPLACAS.

Las dimensiones descritas en ésta máquina son aproximadas, según las dimensiones de las ECOPLACAS, factores de sobredimensionamiento e información adquirida en el mercado.

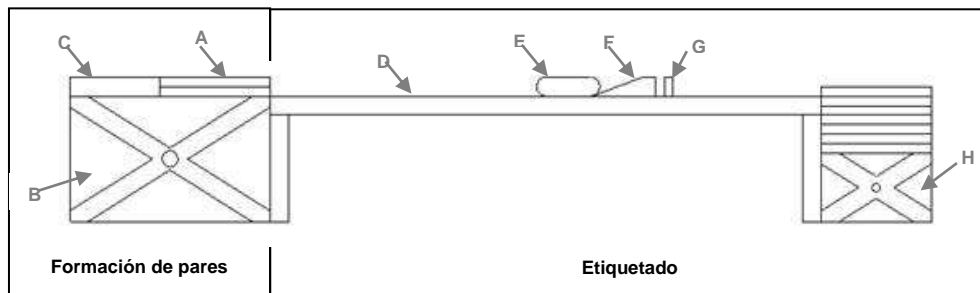


llevarlo al almacén de producto terminado y así, poder empezar a apilar un nuevo grupo de pares de ECOPLACAS.

A continuación, en la tabla 17, se muestran las dimensiones necesarias para el sistema de etiquetado.

**Tabla 17. Dimensiones del etiquetado.**

Dimensión	Und	Valor
Largo	m	6,10
Ancho	m	3,44



**Figura 10. Esquema de funcionamiento para el proceso de apilamiento y etiquetado.**

### 3.1.2 Cálculo de áreas.

El cálculo de áreas es el primer paso para el dimensionamiento de una planta de producción, por lo que se deben realizar diferentes cálculos que proporcionen información sobre el espacio de las máquinas, los lados de acceso a éstas, los pasillos para el flujo de personal y materiales, y demás información relevante que proporcione un área aproximada, generalmente sobredimensionada, de la planta de producción.

Por lo anterior, se realizan los cálculos para determinar los requerimientos de espacios, por medio del método de cálculo de superficies de P.F. Guerchet, que proporciona el espacio total requerido, con base a la suma de tres superficies, que son:

- Superficie Estática (Se): Representa el área física que ocupa una máquina, equipo o puesto de trabajo, calculándose al multiplicar el largo con el ancho de la máquina.
- Superficie Gravitacional (Sg): Representa el área que necesita un operario para el desempeño de su labor, calculándose al multiplicar la superficie estática con el número de lados operables de la máquina o equipo (N).
- Superficie de Evolución (Sv): Representa el área necesaria para la circulación de personal y material, calculándose al multiplicar el coeficiente único para toda la

planta ( $F$ =Altura de hombres u objetos a desplazar), por la suma de la superficie estática con la gravitacional.

- Superficie Total (St): Será por lo tanto la suma de superficies parciales de cada una de las máquinas.

A continuación, en la tabla 18, se observan los cálculos de áreas necesarios para determinar el área de la planta de producción de ECOPLACAS.

**Tabla 18. Cálculo de áreas.**

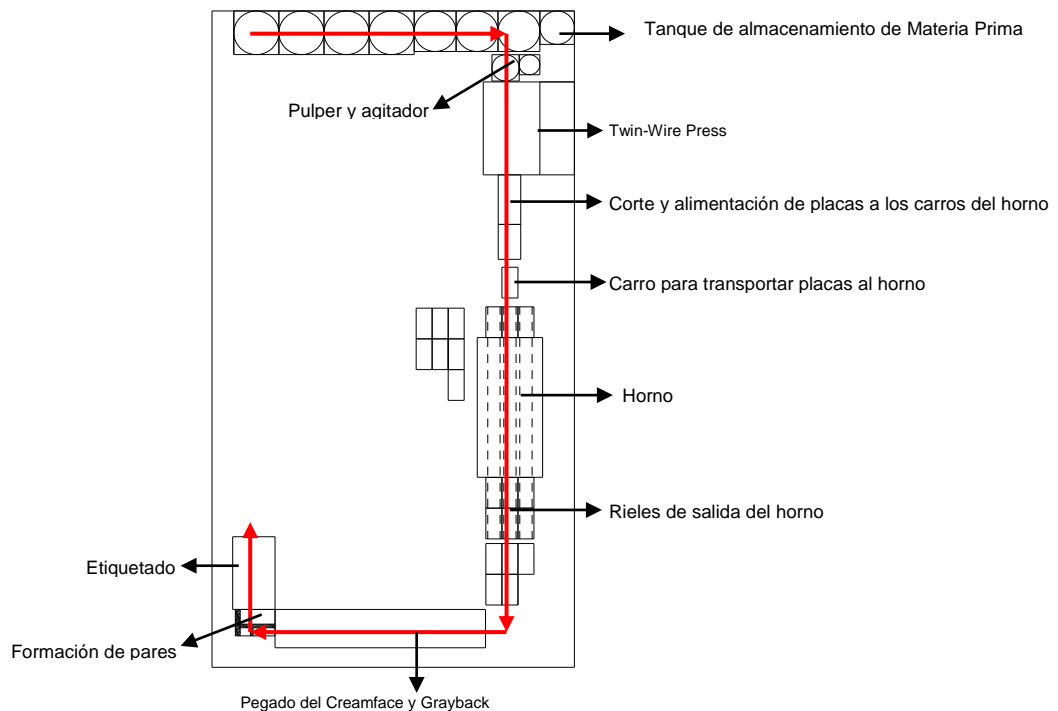
CÁLCULO DE ÁREAS								
Máquina		Und	N	Se	Sg	Sv	St	Total Áreas
Almacenamiento Materias Primas	Tanque lodos	m <sup>2</sup>	1	13,40	13,40	13,40	<b>160,75</b>	288,31
	Taque agua	m <sup>2</sup>	1	11,56	11,56	11,56	<b>69,36</b>	
	Tanque yeso	m <sup>2</sup>	1	11,56	11,56	11,56	<b>34,68</b>	
	Tanque aditivos	m <sup>2</sup>	1	7,84	7,84	7,84	<b>23,52</b>	
Producción ECOPLACA	Pulper	m <sup>2</sup>	1	4,86	4,86	4,86	<b>14,59</b>	1 337,07
	Agitador	m <sup>2</sup>	1	2,81	2,81	2,81	<b>8,43</b>	
	Twin Wire Press	m <sup>2</sup>	1	57,72	57,72	57,72	<b>173,16</b>	
	Corte	m <sup>2</sup>	2	7,61	15,23	11,42	<b>34,26</b>	
	Alimentador de carros	m <sup>2</sup>	3	5,36	16,07	10,72	<b>32,15</b>	
	Carros	m <sup>2</sup>	2	3,36	6,73	5,04	<b>332,94</b>	
	Horno	m <sup>2</sup>	3	62,25	186,75	124,50	<b>373,50</b>	
	Pegado de papel	m <sup>2</sup>	2	55,00	110,00	82,50	<b>247,49</b>	
	Tanque de adhesivo	m <sup>3</sup>	2	1,04	2,08	1,56	<b>4,68</b>	
	Formación de pares	m <sup>2</sup>	1	7,15	7,15	7,15	<b>21,45</b>	
	Etiquetado	m <sup>2</sup>	2	20,98	41,97	31,48	<b>94,43</b>	
<b>Área Total de la Planta de producción</b>							<b>m<sup>2</sup></b>	<b>1 625,38</b>

### 3.1.3 Disposición de la Planta.

Conociendo la superficie total de cada una de las máquinas que intervienen en el proceso productivo, se procede a realizar la disposición que tendrá la planta, con el fin de lograr aumentos en la productividad, gracias a que una buena distribución permite disminuir tiempos muertos, desplazamientos innecesarios, y le otorga al operario las condiciones adecuadas para la realización de sus labores.

Por lo anterior, y teniendo presente que el ideal de esta disposición de máquinas es que ocupen la menor cantidad de espacio posible, con un flujo continuo, se considera que la mejor distribución es la de producción en C, para éste caso C invertida como se ve en la figura 11, ya que con ésta se puede lograr un flujo de materiales y personas mucho más óptimo y flexible, al igual que genera motivación dentro del personal de la planta, ya que

logran involucrarse mucho más en el proceso de transformación que se está generando, lo cual en el futuro puede generar opciones de mejora provenientes de ellos mismos, las cuales en la mayoría de ocasiones traen muy buenos resultados para la empresa. Además, ésta distribución permite que los operarios estén más cerca unos de otros y hay más posibilidades de tener un campo visual del proceso, lo cual permite mayor integración entre personas y equipos.



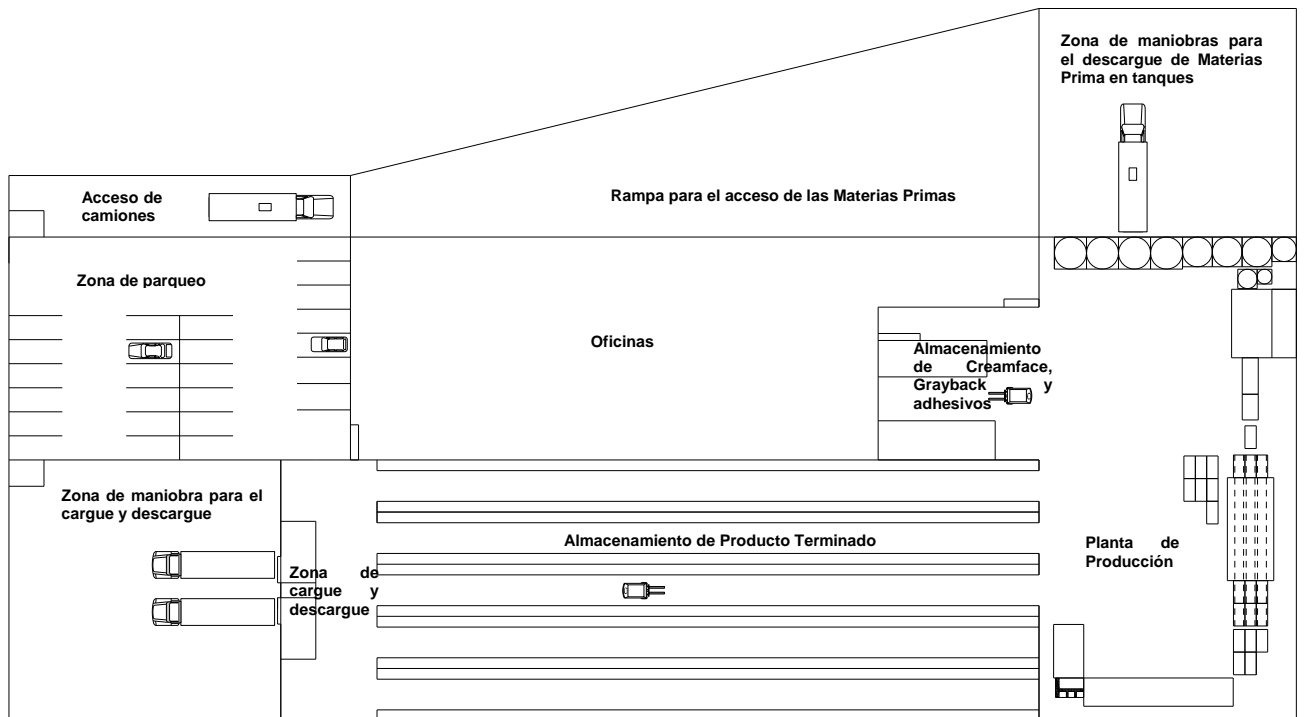
**Figura 11. Planta de producción de las ECOPLACAS**

### 3.1.3.1 Plano de la planta de producción de ECOPLACAS.

En la figura 12, se muestra el plano de la empresa productora de ECOPLACAS, propuesto por las Ingenieras Industriales realizadoras de este trabajo de grado, el cual integra en un área total de 9 548,99 m<sup>2</sup>, todas las zonas funcionales que requiere para tener una óptima operación, las cuales se detallan en la tabla 19, con su respectiva área y participación dentro del área total de la empresa.

**Tabla 19. Áreas de la empresa productora de Ecoplacas**

<b>ÁREAS DE LA EMPRESA PRODUCTORA DE ECOPLACAS</b>			
<b>Datos</b>	<b>Und</b>	<b>Valor</b>	<b>Participación en el área</b>
Acceso de camiones	m <sup>2</sup>	273,14	3%
Rampa para el acceso de las materias primas	m <sup>2</sup>	1 299,40	14%
Zona de maniobra para de descargue de materias primas en tanques	m <sup>2</sup>	765,54	8%
Zona de parqueo	m <sup>2</sup>	991,11	10%
Oficinas	m <sup>2</sup>	1 678,66	18%
Almacenamiento creamface, grayback y adhesivo	m <sup>2</sup>	319,74	3%
Planta de producción (8 m de altura)	m <sup>2</sup>	1 625,38	17%
Almacenamiento Producto Terminado (7 m de altura)	m <sup>2</sup>	1 673,53	18%
Zona de maniobra para el cargue y descargue	m <sup>2</sup>	922,48	10%
<b>Área Total de la empresa</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>9 548,99</b>	<b>100%</b>



**Figura 12. Plano total para la empresa productora de ECOLACAS.**

Luego de observar la distribución definida anteriormente, junto con la participación de áreas de cada uno de los espacios de la empresa sobre el gran total, encontramos que la planta de producción es el 17% de la totalidad de la empresa y que las oficinas y el almacenamiento de producto terminado ocupan cada uno el 18% de dicho total.

Por lo anterior se procede a realizar un análisis que determine las razones por las cuales estas zonas cuentan con una gran participación dentro del área total de la empresa, por lo que a continuación se explicarán las razones de la planta de producción y las oficinas, ya que el almacenamiento de producto terminado se tratará más adelante.

- Oficina: Con un área total de 1 678,66 m<sup>2</sup>, éste espacio no solo representa las oficinas del personal administrativo requerido por la empresa, sino también es el espacio donde se encuentra: la recepción, enfermería, restaurante, baños y casilleros para los operarios de la producción.

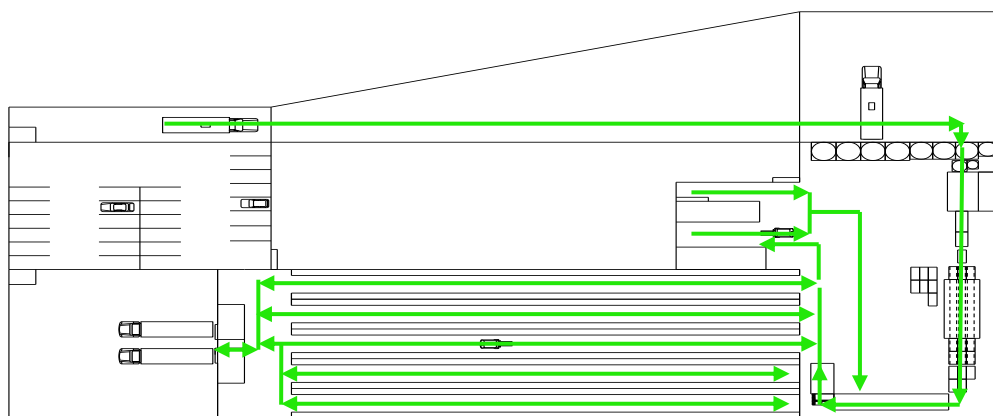
Dichos espacios son importantes y fundamentales para el buen ambiente organizacional, ya que le proporciona a las personas que trabajan en una organización, contar con las comodidades necesarias para generar ambientes que permitan mayor motivación en el personal que se refleja en el desempeño laboral.

- Planta de Producción: Para analizar la participación de la planta de producción sobre el área total de la empresa, es importante hacer una acercamiento a dicha área, por lo que en la figura 12, se muestra la distribución del proceso productivo de las ECOPLACAS.

### 3.1.3.2 Flujo de Materiales.

En la figura 13, se muestra el flujo de materiales que hay dentro de la empresa productora de ECOPLACAS, el cual inicia con la llegada de materias primas, ya sea en el área de los muelles, por donde ingresan el creamface, grayback y adhesivos; o por la rampa que llega a los tanque de materia prima, por donde se reciben los lodos papeleros, yesos y aditivos necesarios para la mezcla del producto a fabricar.

Dicho flujo recorre: almacenamientos de materia prima, proceso productivo, zona de cargue y descargue de mercancía, y almacenamiento de producto terminado.



**Figura 13. Plano con flujo de materiales.**

### 3.1.3.3 Flujo de Personas.

En la figura 14, se muestra el flujo de personas que hay dentro de la empresa productora de ECOPLACAS, el cual inicia con la llegada del personal y la ubicación de sus vehículos en la zona de parqueo, y continúa con el acceso de éstos a las oficinas, planta de producción y almacenamientos tanto de materia prima como de producto terminado, en la cual el flujo tendría el mismo comportamiento que se observó en la figura 12, con el flujo de materiales.

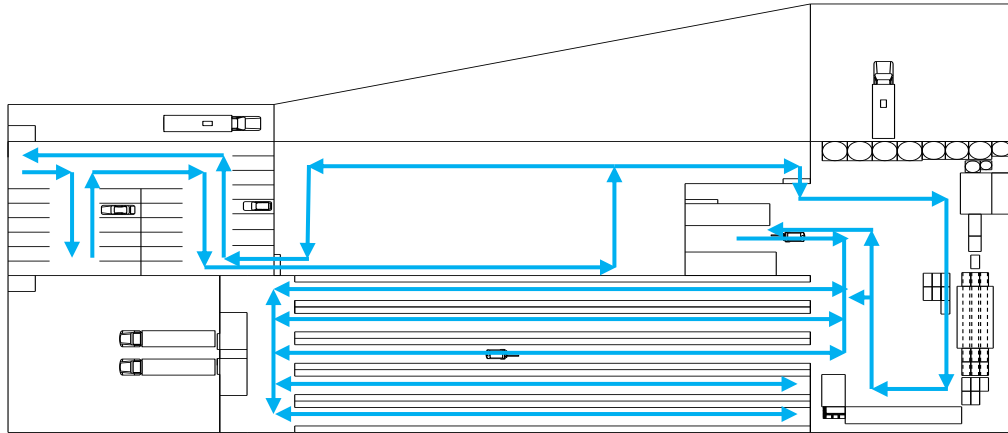


Figura 14. Plano con flujo de personas.

### 3.1.4 Análisis de Costos.

En la tabla 20, se encuentran los valores aproximados de venta proporcionados por el mercado de cada una de las máquinas definidas anteriormente, por lo que es importante aclarar que las que fueron descritas por las autoras de este trabajo de grado, tienen el valor al que se vende una máquina que cuentan con un funcionamiento similar al descrito, por lo que el precio de venta puedes estar sujeto a muchas variaciones.

Tabla 20. Análisis de costos de la Maquinaria.

Etapa	Descripción de la Etapa	Cant	Costo Unitario del Equipo	Costo Total del Equipo
<b>Preparación de la Mezcla</b>				
1	Dosificador para aditivos	1	\$ 6 750 000	\$ 6 750 000
	Dosificador para Yeso molido	1	\$ 6 750 000	\$ 6 750 000
	Dosificador de agua para el pulper	1	\$ 6 750 000	\$ 6 750 000
	Dosificador de lodos papeleros hacia el pulper	1	\$ 6 750 000	\$ 6 750 000
	Pulper	1	\$ 276 571 500	\$ 276 571 500
	Agitador	1		
<b>Formación de la ECOPLACA</b>				
2	Twin Wire Press	1	\$ 192 373 916	\$ 192 373 916
<b>Sistema de Corte Transversal y Longitudinal</b>				
3	Sistema de Corte	1	\$ 19 500 000	\$ 19 500 000
<b>Sistema para el alimentado del horno</b>				
4	Alimentar los carros del horno	1	\$ 20 000 000	\$ 20 000 000

Etapa	Descripción de la Etapa	Cant	Costo Unitario del Equipo	Costo Total del Equipo
<b>Secado de las ECOPLACAS</b>				
5	Horno	1	\$ 120 000 000	\$ 120 000 000
	Carros alimentadores del horno	22	\$ 500 000	\$ 11 000 000
<b>Sistemas de pegado del Creamface y Grayback</b>				
6	Sistema de pegado y corte de papel	1	\$ 1 374 099 403	\$ 1 374 099 403
	Tanque de adhesivo	1	\$ 110 628 600	\$ 110 628 600
<b>Formación de Pares</b>				
7	Apilador con empuje	1	\$ 5 000 000	\$ 5 000 000
<b>Etiquetado</b>				
8	Empaque de las ECOPLACAS	1	\$ 5 000 000	\$ 5 000 000
<b>TOTAL MAQUINARIA</b>				<b>\$ 2 161 173 419</b>

### 3.2 MANEJO DE MATERIALES.

#### 3.2.1 Carga Unitaria.

En la definición de la unidad de carga a implementar para las ECOPLACAS, es importante recordar la presentación final que éstas tendrán. En terminología técnica, dicha presentación es conocida como el empaque del producto, el cual en este caso estará compuesto por una etiqueta con la marca de la empresa que recubre dos ECOPLACAS en los extremos de 1,22 m.

Con lo anterior, se procede a definir que la carga unitaria (CU) para el transporte y el almacenamiento de ECOPLACAS, estará dado por un grupo de 30 pares de placas apiladas sobre soportes que permitan el manipuleo a través de montacargas; dichos soportes estarán fabricados inicialmente en madera, pero luego se busca que las ECOPLACAS defectuosas sean reutilizadas para esta función, cortándolas en tiras de 5 cm de ancho hasta formar una altura de 7 cm, mismas condiciones con las que contarán los soportes de madera. Es importante tener presente que la óptima separación entre los soportes es de 60 cm, con el fin de garantizar un sostenimiento de toda la ECOPLACA y a su vez una mayor facilidad para la movilidad de la mercancía sin arriesgar la calidad del producto.

Definida la unidad de carga a implementar para el almacenamiento y transporte de éste producto, se procede a definir el medio de transporte más adecuado, el cual se realizará en camiones con capacidad de 10 t, los cuales puedan movilizar 7 unidades de carga.

#### 3.2.2 Sistema de Manejo de Materiales.

El manejo de materiales se define por el territorio en el cual los materiales deben moverse, para lo que dividiremos los materiales utilizados para las ECOPLACAS en los siguientes tres grupos:

- **Manejo de Materias Primas:**

El manejo de las materias primas empieza con los traslados desde nuestros proveedores hasta la planta de producción de ECOPLACAS, los cuales se realizan

por medio de volquetas para los lodos, camiones para el yeso, aditivos y adhesivos, y contenedores para la importación del Creamface y Grayback.

Dentro de la planta de producción, los lodos, yeso y aditivos serán almacenados en tanques fabricados en poliéster reforzado con fibra de vidrio (PRFV), con el fin de conservar las características necesarias que se requieren para la fabricación de las ECOPLACAS.

Dichos tanques de PRFV, están formados por un material compuesto, en el cual las fibras de vidrio con una alta resistencia mecánica aportan la parte estructural, mientras que la matriz plástica (Resina de poliéster) aporta la forma (FIBRATORE, 2007).

Estos tanques proporcionan las siguientes características y beneficios (FIBRATORE, 2007):

- Duración mayor a 20 años.
- Garantía de 2 años.
- Resistentes a la intemperie (No se cristalizan).
- 100% impermeables (Baja relación de Higroscopía).
- Alta resistencia mecánica.
- Superficies lisas y sin porosidades que garantizan un almacenamiento limpio.
- Liviano.
- No tóxico.
- Resistente a la corrosión y al desgaste.
- Fácil y económico en su mantenimiento y reubicación.

Por otro lado, se creará un espacio de almacenamiento para el adhesivo y los rollos de creamface y grayback, el cual debe ser un ambiente libre de humedad, y en arrume negro sobre estibas que los mantengan alejados del suelo, evitando problemas en la calidad de cada uno de éstos productos.

- **Materiales dentro de la producción:**

Durante el proceso productivo, los materiales que requiere de manejo son los rollos de creamface y grayback, y el adhesivo, ya que deben desplazarse desde el lugar de almacenamiento hasta la máquina encargada de dicho proceso. Este traslado se realizará cada vez que la máquina que necesita de estos productos para funcionar, así lo requiera.

- **Producto Terminado:**

El manejo de las ECOPLACAS como producto terminado, está presente en el momento en el que se arman las unidades de carga, lo cual requiere de un transporte adecuado que realice el traslado de los estibas hasta el punto de almacenamiento determinado, sin generarle imperfectos a la carga; por lo que se implementarán montacargas contrabalanceados.



- **Número de equipos para el manipuleo de materiales:**

Teniendo en cuenta el flujo de material que se procesará diariamente en la planta de producción de ECOPLACAS, representados en 50,90 unidades de carga por día (CU/día), se define que para el manipuleo adecuado de éste número de CU, se requiere de dos montacargas contrabalanceados que tengan una capacidad de carga de mínimo 1 360 kg, ya que este es el peso una CU.

Dichos montacargas serán utilizados para el cargue y el descargue de pedidos de productos y materiales necesarios para el proceso productivo.

### 3.2.3 Almacenamiento

- **Almacenamiento de los Lodos Papeleros:**

Para el diseño de este almacenamiento se tiene como premisa que diariamente llegarán a la planta de producción 70,5 t de lodos papeleros provenientes de los proveedores definidos<sup>13</sup>, los cuales llegan con un nivel de humedad del 39%, es decir, un 61% de sequedad. La densidad de éstos lodos en las condiciones acordadas con los proveedores es de 395,57 kg/m<sup>3</sup>, dato obtenido a partir del peso de una placa de yeso-cartón estándar de 28,5 kg (Colombit, 2007), sabiendo que la ECOPLACA es un 20% más liviana que ésta (Giraldo Orozco & Ochoa Jimenez, 2008), lo que determina que para un tiempo de almacenamiento de 2 días, es necesario que los tanques de almacenamiento tengan una capacidad requerida de 356 443,55 L.

Por lo anterior, se especificó que la capacidad total debía ser de 360 000 L, y teniendo presente la asesoría de la empresa cotizada, se definió que la forma más adecuada para el almacenamiento se lograría al implementar 4 tanques de 90 000 L, ya que esto permitiría identificar que tanque tiene los lodos que hayan llegado primero, y así garantizar un sistema FIFO que evite la pérdida de condiciones ideales para el proceso.

El tanque definido tiene una forma cónica en su parte inferior, lo cual permite una fácil extracción del producto almacenado, evitando que queden residuos en él, y cuenta con las dimensiones especificadas en la tabla 21:

**Tabla 21. Dimensiones de un tanque de 90 000 L para el almacenamiento de lodos papeleros.**

Descripción	Und.	Valor
Diámetro	m	3,66
Altura cilindro	m	8,60

<sup>13</sup> La información sobre los Proveedores es confidencial.

Para la alimentación de los tanques, contamos con tapas planas en la parte superior de cada uno de ellos, para lo cual se requiere construir una pendiente por la que las volquetas suban para descargar los lodos directamente dentro de los tanques, lo cual deberá ser definido en el momento de la construcción por el ingeniero civil encargado de la obra.

- **Almacenamiento del Yesos:**

Para el cálculo de este almacenamiento, se tomó como premisa que para realizar una ECOPLACA se requieren de 7,35 kg de yeso referencia *Campana* de CORONA, lo cual determina que para dos días de almacenamiento, misma condición que se tiene con los lodos, se necesita que el tanque tenga una capacidad requerida de 62 469,86 L, es decir, una capacidad diseñada de 70 000 L.

Al igual que el tanque de almacenamiento de lodos papeleros, éste tendrá una forma cónica en su parte inferior, tapa plana en su parte superior y contará con las dimensiones especificadas en la tabla 22:

**Tabla 22. Dimensiones de un tanque de 70 000 L para almacenamiento del yeso.**

Descripción	Und.	Valor
Diámetro	m	3,40
Altura cilindro	m	7,75

- **Almacenamiento del Aditivos:**

Antes de identificar la capacidad requerida para el almacenamiento del aditivo, es importante tener presente que al ser una materia prima confidencial, se tomó como supuesto que no iba a tener ningún problema al ser almacenado en los tanques fabricados por Fibratore S.A.

Por lo anterior y sabiendo que para la fabricación de una ECOPLACA se requiere de 1,29 kg de aditivo por placa, es decir el 1,84% de la composición final de la mezcla, se definió que el tanque debía tener una capacidad de almacenamiento del 50% del que se tiene para el yeso, es decir, 35 000 L.

Las condiciones de diseño de este tanque son las mismas que las de los dos anteriores, y contará con las dimensiones especificadas en la tabla 23:

**Tabla 23. Dimensiones de un tanque de 35 000 L para el almacenamiento del aditivo.**

Descripción	Und.	Valor
Diámetro	m	2,80
Altura cilindro	m	5,70

- **Almacenamiento de Agua:**

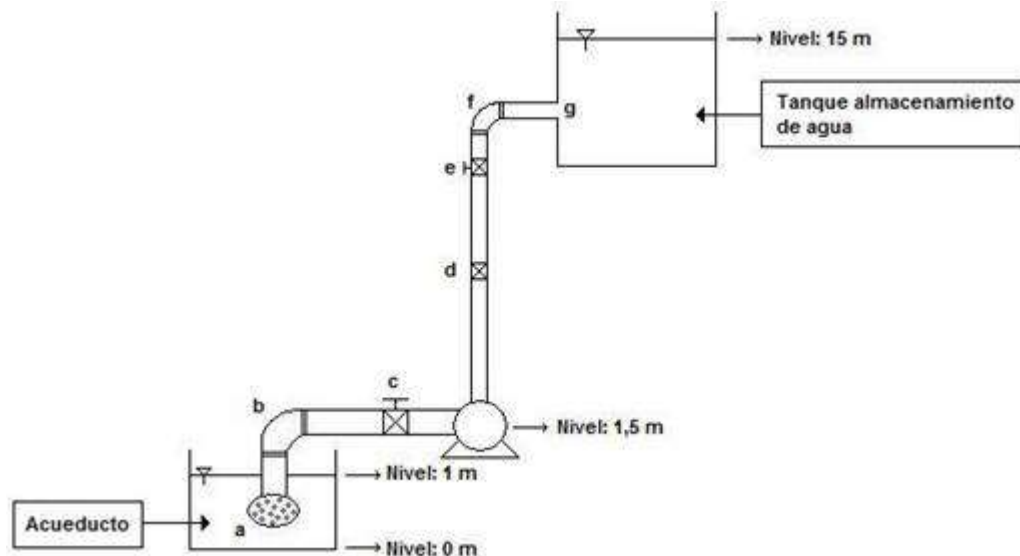
Para el cálculo de este almacenamiento se tiene como base que para la fabricación de una ECOPLACA se requiere agregar 40,92 L de agua para que la mezcla de las ECOPLACAS llegue al 96% de humedad, y 0,79 L para la preparación del adhesivo, por lo que para garantizar una capacidad para 2 días de almacenamiento, se determinó un volumen de 141 788,80 L/día, es decir, una capacidad diseñada de 160 000 L, lo cual se logra por medio de 2 tanque de 80 000 L cada uno.

Dicho tanque al almacenar un líquido puede ser plano en su parte inferior, lo cual reduce el costo de éste significativamente al compararlo con otro que tenga su parte inferior cónica. Las dimensiones del tanque descrito se encuentran en la tabla 24.

**Tabla 24. Dimensiones de un tanque de 80 000 L de almacenamiento de agua.**

Descripción	Und.	Valor
Diámetro	m	3,40
Altura cilindro	m	8,85

Por otro lado, se requiere de un sistema de bombeo supuesto que permita el almacenamiento del agua, el cual se observa en la Figura 15.



**Figura 15. Sistema de bombeo supuesto.**

**Accesorios del sistema de bombeo** (Aguilar Roldan, 2006)

- a – Válvula de pie con pivote y coladera.
- b – Codo de radio largo de 90°.
- c – Válvula de compuerta completamente abierta.
- d – Válvula de verificación tipo giratoria.

- e – Válvula de globo.
- f – Codo estándar de radio corto de 90°.
- g – Unión recta de tubería con tanque final.

Teniendo presente lo anterior, y que la longitud de succión y de descarga son: 2 m y 18 m respectivamente, encontramos que se debe utilizar una bomba que cumpla con las condiciones que se encuentran en la tabla 25.

**Tabla 25. Bomba necesaria para el sistema de bombeo supuesto.**

Características	Und.	Valor
Caudal	L/min	700,00
Cabeza de la bomba	m	25,22
Potencia	Kw	2,88
(NPSH) <sub>D</sub>	m	6,88

- **Almacenamiento del Adhesivo, el Creamface y el Grayback:**

Para determinar el almacenamiento de éstos productos se realizará un análisis separado para cada uno de ellos, con el fin de determinar exactamente cuánto espacio y qué condiciones requieren para ser almacenado, puesto que presentan diferencias significativas, especialmente en sus dimensiones.

- Almacenamiento para el Creamface y Grayback:

El almacenamiento del creamface y del grayback debe tener como principal requisito un control de humedad que evite problemas de calidad que se puedan generar en el papel, por lo que la altura del techo, para éste almacenamiento, será de 7 m, junto con un sistemas de ventilación en las paredes, que permitan una buena circulación del aire, al igual que la utilización de estibas que mantengan los rollos separados del suelo para evitar suciedades o demás inconvenientes que puedan afectarlos.

Para calcular el espacio de dicho almacenamiento es importante saber que estos materiales son importados desde Atlanta en un contenedor de 40 ft en el que se transportan 9 rollos de creamface y 10 rollos de grayback, los cuales se agotan en 20,97 semanas para el rollo de creamface y 20,07 semanas para el de grayback.

Por lo anterior se define un espacio, en el que se almacenarán, en arrume negro, los rollos de un contenedor, ya que con ésta cantidad se cubre la producción de 20 semanas, tiempo suficiente para pedir un nuevo contenedor, aproximada en la semana 17, suponiendo que el traslado de Atlanta hasta la planta de producción sea de 3 semanas, sin comprometer la producción.

- Almacenamiento para el adhesivo:

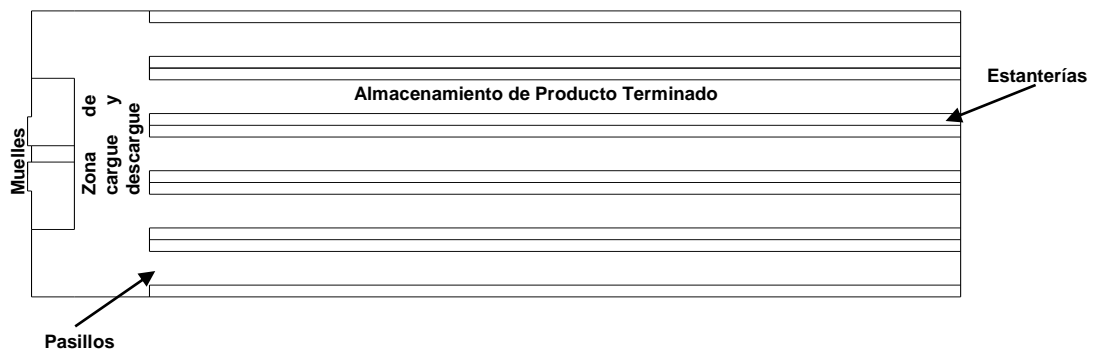
Para el almacenamiento de el adhesivo también es muy importante el control de humedad, por lo que dichos bultos de 25 kg cada uno, serán almacenado en arrume negro sobre estibas de 120 cm de largo y 80 cm de ancho.

Al saber que con un bulto de adhesivo se procesan aproximadamente 71 placas, es importante contar con un inventario de aproximadamente 301 bultos/semana, con el fin de evitar agotados de este material, por lo que se requiere de un espacio de 319,74 m<sup>2</sup>, en los que se almacenarán 4 estibas de 1,95 m de altura, teniendo en cuenta el alto del estiba, en los que cabe 100 bultos distribuidos en 20 niveles de 5 bultos/nivel.

- **Almacenamiento de Producto Terminado:**

Antes de iniciar con la descripción del almacenamiento de producto terminado, es importante recalcar que los cálculos que se encuentran a continuación, basados en los realizados en el archivo de Excel adjunto a éste trabajo de grado, al igual que el plano de la zona de almacenamiento de producto terminado que se encuentra en las figuras 11, 12 y 13, fueron realizados con el fin de ir más allá de los objetivos que se habían planteado inicialmente para éste trabajo de grado, los cuales se enfocaban únicamente en la planta de producción y el almacenamiento de materias primas.

Dicho lo anterior, se procede con la definición de las condiciones y parámetros del almacenamiento de producto terminado, véase figura 16, el cual será en arrume negro, ya que este producto no requiere necesariamente de estanterías para ser almacenado, por lo que se decidió apilar 5 unidades de carga, las cuales fueron definidas en la carga unitaria, numeral 3.2.1 del presente trabajo, utilizando apoyos también allí descritos, para facilitar el manipuleo de éstas.



**Figura 16. Distribución del almacenamiento de producto terminado.**

Las columnas de 5 unidades de carga, que para este caso de almacenamiento recibirán el nombre de estanterías, cuentan con las dimensiones de una ECOPLACA, es decir 1,22 m de ancho y 2,44 m de largo, junto con una altura de 4

m, lo cual se traduce en 1 673,53 m<sup>2</sup>, valor que también incluye pasillos y zona de cargue y/o descargue, para el almacenamiento de 3 054 placas/día, para lo que es necesario las especificaciones descritas en la tabla 26.

**Tabla 26. Parámetros de distribución del almacenamiento de producto terminado.**

<b>DISTRIBUCIÓN DEL ALMACENAMIENTO</b>		
<b>Datos</b>	<b>Und.</b>	<b>Valor</b>
Número de estanterías a lo ancho	estanterías	31,00
Número de filas de estanterías a lo largo	estanterías	10,00

### 3.2.4 Análisis de Costos

En la tabla 27, se encuentran los valores aproximados de venta proporcionados por el mercado de cada uno de los tanques definidos anteriormente, para el almacenamiento de los materiales de la mezcla de las ECOPLACAS.

**Tabla 27. Análisis de costo del manejo de materiales.**

<b>Descripción de la Etapa</b>	<b>Cant</b>	<b>Costo Unitario del Equipo</b>	<b>Costo Total del Equipo</b>
<b>Almacenamiento de Materia Prima</b>			
Lodos Papeleros	4	\$ 60 000 000	\$ 240 000 000
Yeso (Ref.-Campana de Corona)	1	\$ 45 500 000	\$ 45 500 000
Aditivos	1	\$ 35 500 000	\$ 35 500 000
Tanque de agua	2	\$ 30 000 000	\$ 60 000 000
Sistema de Bombeo de agua	1	\$ 2 111 000	\$ 2 111 000
<b>Equipos para el manipuleo de materiales</b>			
Montacargas	2	\$ 95 000 000	\$ 190 000 000
Carretilla sencilla	2	\$ 300 000	\$ 600 000
<b>TOTAL MANEJO DE MATERIALES</b>			<b>\$ 573 711 000</b>

## 3.3 SISTEMAS DE LA PLANTA

### 3.3.1 Seguridad

La seguridad dentro de la planta de producción y las áreas de almacenamiento requiere ser administrada de tal forma que cada que sea necesario, todos los recursos de seguridad a implementar estén disponibles. Por ésta razón, se deben instalar sistemas de alarmas dentro de la planta, los cuales se ubicarán en las diferentes operaciones de producción, oficinas y almacenamiento, para que en el momento en que ocurra un incidente, se pueda informar rápidamente a las personas encargadas de asistirlo.

Dichos dispositivos pueden ser activados manualmente, si sucedió un accidente y/o incidente laboral, o automáticamente si se trata de los sensores foto térmicos del horno, los cual advierten si ha habido un cambio inusual en la temperatura de éste, evitándose

así la generación de incendios. Además, estas alarmas cuentan con un sistema de comunicación por medio de pantallas ubicadas estratégicamente dentro de la planta, las cuales reflejan la forma en la que fue activada la alarma, manual o automática, y el sitio donde se generó la activación.

Para que la respuesta por parte de la brigada de seguridad sea rápida y precisa, es necesario implementar el uso de sonidos que determinen a qué tipo de emergencia se enfrentarán, los cuales pueden ser: específicos, como los mencionados anteriormente, o globales como sería la evacuación general de las instalaciones, la cual debe ser atendida por todas las personas presentes dentro de la empresa, por lo que para éste tipo de emergencia se debe contar con rutas de evacuación conocida por todo el personal y publicadas en puntos clave alrededor de la planta, oficinas y almacenamiento, para que las personas allí presentes puedan ubicar fácilmente la salida de emergencia más cercana.

Todo el sistema de seguridad explicado anteriormente logra un óptimo funcionamiento al implementar los siguientes elementos que complementan las herramientas para la solución de emergencias:

- **Sistema de riego automatizado:** Está conformado por dispositivos de detección automática de humo, los cuales dan la orden de encendido al sistema de riego. Éste debe estar certificado por los bomberos del municipio donde se ubique la planta, el cual al estar ubicado en el techo de cada una de las áreas de la empresa, garantice una acción inmediata contra incendios impredecibles.
- **Extintores:** Por el estilo de materiales que se procesan dentro de la planta de producción de ECOPLACAS, se deben tener diferentes tipos de extintores distribuidos dentro de la misma, según el tipo de productos que se encuentren en cada área, como se muestra a continuación:
  - Extintores tipo A: Son de enfriamiento por inmersión, y son usados en papel, madera, celulosa, etc., por lo tanto serán ubicados cerca de las oficinas, almacenamiento del Creamface y Grayback, y a lo largo de toda la planta de producción de las ECOPLACAS.
  - Extintores tipo C: Son para compuestos conductores, y se usan en circuitos eléctricos, cableado, etc., por lo que serán ubicados cerca de los gabinetes eléctricos y oficinas.
- **Enfermería o lugar de primeros auxilios:** Donde se pueden prestar la primera atención en los accidentes y/o incidentes, además de los malestares que el personal de la planta presenten. Igualmente se debe contar con la atención de un médico que esté atento a todas aquellas enfermedades de trabajo ocasionadas por movimientos repetitivos, fatiga y demás causas. Además, se debe contar con un sistema de transporte de heridos, para llevarlos a centros médicos que terminen de prestar la atención necesaria.
- **Brigada de emergencia:** Es el personal encargado de atender y solucionar los incidentes que ocurran dentro de la planta de producción, el cual será capacitado

constantemente en: primeros auxilios, trabajo en alturas, atención de incendios, evacuación de personal, etc. Estará conformada en su mayoría por operarios de la planta, y algunas personas de la parte administrativa, los cuales tendrán en su uniforme de trabajo identificaciones visuales, como: chalecos o brazaletes, que los identifique claramente del resto del personal.

- **Espejos convexos:** Instalados en las esquinas de la planta de producción y el almacenamiento, con el fin de evitar posibles colisiones en el flujo de mercancía y personal.
- **Indumentaria para los operarios:** La planta de producción de las ECOPLACAS, contará con empleados polivalentes, lo cual obliga a la organización otorgar a cada uno de ellos la indumentaria pertinente para la realización de las actividades que tengan a cargo. Por esta razón a continuación se describen las partes que conforman la indumentaria de trabajo que tendrán los operarios.
  - Uniforme común para todos los operarios, proporciona orden y comodidad para el personal de la planta.
  - Protector para la columna, el cual busca evitar problemas lumbares en los operarios que estén encargados de manipular las ECOPLACAS terminadas.
  - Botas con punta de acero, para proteger los pies en caso de que algún producto o herramienta se caiga al suelo.
  - Kit de seguridad, el cual incluye: gafas protectoras, tapa oídos y tapa bocas
  - Guantes para manejo de materiales a altas temperaturas, en caso de que haya que manipular una ECOPLACA caliente.

### 3.3.2 Ventilación

El sistema de ventilación debe incluir todos los dispositivos necesarios para neutralizar y eliminar al máximo el calor, gases, olores, etc. que se presenten en la planta de producción, almacenamiento u oficinas; por lo que debe contar con:

- **Sistemas de aire acondicionado para oficinas y planta:** Tiene como finalidad ayudar a disminuir al máximo los niveles de calor presentes en cada uno de las áreas, con el fin de evitar condiciones que sean perjudiciales para el buen desempeño de las labores.
- **Sistema de extracción de gases:** Especialmente adaptado al horno a través de chimenea o extractores sencillos ubicados en diferentes puntos de la planta. La selección del sistema de extracción depende de los niveles de toxicidad que tengan las partículas expulsadas al medio ambiente durante este proceso, los cuales deben ser permitidos por las autoridades ambientales para ser liberado a la atmósfera, o de lo contrario se requeriría de la implementación de un sistemas para descontaminarlos.

### 3.3.3 Iluminación

Para determinar la iluminación adecuada para una instalación se deben tener en cuenta las siguientes variables:

- Lugar donde será instalado el sistema de iluminación.
- Dimensiones del lugar a iluminar.



- Finalidad de la luz en dicha instalación; para determinar esta variable se deben conocer todas las tareas que se van a realizar en dicho espacio, ya que la cantidad de luz que llega a un área de trabajo se ve influenciada por la limpieza que se requiera tanto en el ambiente, como en la misma lámpara.

Por estas razones es importante dejar claro que las dimensiones finales de la empresa productora de ECOPLACAS, en cuanto al área de producción, almacenamientos y oficinas, determinadas en éste trabajo de grado, son supuestas, ya que se fundamentan en la optimización del espacio requerido para la propuesta del escalado industrial de la producción de ECOPLACAS, por lo que se busca iluminar un área de 5 482,79 m<sup>2</sup>, con las siguientes dimensiones: 106,05 m de largo y 51,7 m de ancho.

Por lo anterior y teniendo en cuenta los siguientes dos supuestos: Ambiente de trabajo medio limpio y Mantenimiento anual de las luminarias; se describe en la tabla 28 la distribución de las luminarias, teniendo en cuenta sus especificaciones y las de los tubos ubicados en ellas.

**Tabla 28. Especificaciones de la iluminación de la planta.**

ESPECIFICACIÓN	UND	VALOR
Dimensión del tubo	in	96
Número de tubos por luminaria	Und.	2
Largo de la luminaria	in	110
Ancho de la luminaria	in	7
Numero de luminarias (N)	Und.	921
Luminarias por fila (R)	Und.	18
Espaciamiento entre filas (S)	ft	21,55

Además, se recomienda que el techo de la planta de producción de ECOPLACAS cuente franjas de teja translúcida que permitan que en el día se pueda aprovechar la luz solar, disminuyendo así el gasto de energía eléctrica y generando tantos beneficios como los mencionados a continuación: (Eternit, 2008)

- Económicos: de acuerdo a un número adecuado de entradas de luz natural se puede ahorrar un gran porcentaje de los costos de 12 horas diarias de energía eléctrica (de 6:00 a.m. a 6:00 p.m.).
- Productividad: Está comprobado que un trabajador que labora bajo unas condiciones adecuadas de luminosidad es más productivo.
- Salud: Una buena iluminación natural evita el cansancio visual, la pérdida de la visión, las incapacidades y los accidentes.
- Estado anímico: Una buena iluminación afecta positivamente el ánimo de las personas.
- Versatilidad: En caso de cortes de luz durante el día, un recinto iluminado por fuente natural permite continuar muchas labores con normalidad.
- Amplitud y confort: La iluminación natural produce una sensación de limpieza y de mayor amplitud de los espacios.

Por lo anterior y teniendo en cuenta que la vida útil de tubo es de 71,43 semanas se define que el sistema de luminarias que se implementará debe contar con un periodo de cambio de tubos de 95,24 semanas, lo cual demuestra que la implementación de canales de luz solar permiten aumentar la vida útil de los tubos a utilizar en un 33,33%.

### **3.3.4 Zona de cargue y descargue de mercancía.**

#### **3.3.4.1 Muelles**

Para determinar la cantidad de muelles requeridos, para las operaciones de cargue y descargue de mercancía, es necesario tener en cuenta: el flujo promedio que se tiene en un día de unidades de carga, el cual es de 50,9 CU/día, donde CU es Carga Unitaria; el tiempo requerido para cargar y/o descargar un camión, el cual es de 0,27 h/camión<sup>14</sup>; la capacidad del camión, la cual se definió de 10 t, y el tiempo diario disponible para cargar y/o descargar camiones, el cual para la planta de producción de ECOPLACAS es de 4 h/día, distribuidas en 2 horas en la mañana (8:00 – 10:00) y 2 horas en la tarde (14:00 – 16:00).

Teniendo en cuenta la información descrita anteriormente, se determino por medio de cálculos el número de muelles que se requieren para las operaciones de cargue y descargue que tendría la empresa productora de ECOPLACAS, tanto para materias primas como para producto terminado; lo cual arrojo como resultado la implementación de un único muelle con un acceso de 3 m, el cual se aumento a dos muelles por decisión de las Ingenieras Industriales realizadoras de éste trabajo de grado, ya que se busca que ésta área, tan importante para el funcionamiento de la planta de producción, tenga la infraestructura necesaria para más de tres años, lo cual se puede lograr con dicho aumento

#### **3.3.4.2 Zona para Maniobra de camiones**

Antes de iniciar con las especificaciones que deben tener las diferentes zonas de maniobra con las que cuenta la planta de producción de ECOPLACAS, maniobra en zona de tanques y en zona de muelles, es importante definir este término, el cual es el área necesaria para que los camiones realicen los movimientos necesarios, para posicionarse correctamente en un muelle.

Con la información anterior se procede a definir el área requerida para esta operación, véase tabla 29 y tabla 30, teniendo en cuenta el largo del camión y el diámetro de giro, proporcionado por el proveedor del camión (FAW, 2008), que para el caso de los camiones utilizados para transportar las ECOPLACAS es de 23,5 m, y para los camiones utilizados para transportar los lodos es de 19 m.

---

<sup>14</sup> Información asumida por las Ingenieras Industriales Diana María Gómez Medina y Luisa Fernanda Jiménez, basadas en conocimientos e información suministrada por la profesora Diana Uribe en la materia "Logística"

**Tabla 29. Dimensiones y área de la zona de maniobra en muelles.**

<b>ZONA DE MANIOBRA EN TANQUES</b>		
<b>Dato</b>	<b>Und</b>	<b>Valor</b>
Ancho del área de maniobras	m	27,64
Diámetro de giro del camión	m	19,00
Largo del área de maniobras	m	26,03
<b>Área de maniobras</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>719,58</b>

**Tabla 30. Dimensiones y área de la zona de maniobra en muelles.**

<b>ZONA DE MANIOBRA EN MUELLES</b>		
<b>Dato</b>	<b>Und</b>	<b>Valor</b>
Ancho del área de maniobras	m	29,70
Diámetro de giro del camión	m	23,50
Largo del área de maniobras	m	31,06
<b>Área de maniobras</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>922,39</b>

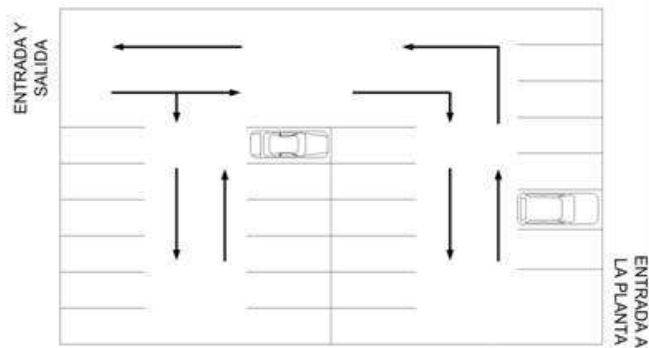
#### **3.3.4.3 Zona de Parqueo**

La zona de parqueo es el espacio determinado para que tanto el personal de la empresa como visitantes puedan ubicar sus vehículos sin ningún inconveniente, por lo que se definió la implementación de 27 cajones para el estacionamiento de personas, sin discapacidades, y 2 cajones para el estacionamiento de personas discapacitadas.

Las dimensiones especificadas para dicho parqueaderos, se muestran en la tabla 31, en el que el tipo de cajón a implementar en el parqueadero es de 90°.

**Tabla 31. Dimensiones y área de la zona de parqueo.**

<b>DETALLES DEL PARQUEADERO</b>		
<b>Dato</b>	<b>Und</b>	<b>Valor</b>
Largo del área de parqueo	m	32,92
Ancho del área de parqueo	m	25,40
<b>Área de parqueo</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>836,17</b>



**Figura 17. Distribución de la zona de parqueo.**

### 3.3.5 Análisis de Costos.

En la tabla 32, se encuentran los valores aproximados de venta proporcionados por el mercado para cada uno de los sistemas a implementar dentro de la planta.

**Tabla 32. Análisis de costo de los sistemas de la planta.**

Descripción del Sistema	Cant.	Costo Unitario del Equipo	Costo Total del Equipo
Sistema de seguridad	1	\$ 8 009 058	\$ 8 009 058
Alarmas	1	\$ 16 107 692	\$ 16 107 692
Pantallas	3	\$ 1 500 000	\$ 4 500 000
Sistema contra incendios	1	\$ 69 844 720	\$ 69 844 720
Extintores	11	\$ 359 000	\$ 3 949 000
Ventilación	1	\$ 159 500 000	\$ 159 500 000
Iluminación	921	\$ 75 000	\$ 69 075 000
<b>Total costo para los sistemas de la planta</b>			<b>\$ 322 976 412</b>

## 3.4 ANÁLISIS DE COSTO TOTAL DE LA PLANTA

### 3.4.1 Coto total de la planta

En la tabla 33, se encuentran los valores aproximados para el costo total de la planta.

**Tabla 33. Costo total de la planta.**

Descripción	Costo Total
Contratación de Personal <sup>15</sup>	\$ 7 709 718
Maquinaria	\$ 2 161 173 419
Manejo de Materiales	\$ 573 711 000

<sup>15</sup> El costo de contratación de personal se calculó basado en el 10% del valor total de la nómina mensual

Descripción	Costo Total
Sistemas de la planta	\$ 322 976 412
<b>TOTAL PLANTA</b>	<b>\$ 3 065 570 540</b>

### 3.4.2 Costo unitario de la ECOPLACA

En la tabla 34, se encuentran los valores aproximados para el costo unitario de una ECOPLACA, a partir de los costos directos e indirectos de fabricación.

**Tabla 34. Costo unitario de la ECOPLACA.**

COSTOS DIRECTOS DE FABRICACIÓN				
Descripción	Valor unitario (COP)	Unidad	Consumo por placa	Total por placa (COP)
MOD	\$ 77 097 177,63		92 638,00	832,24
Agua	\$ 1 103,00	m <sup>3</sup>	0,04	46,00
Yeso	\$ 0,13	g	7 350,00	977,55
Aditivos	\$ 1,30	g	1 290,00	1 677,00
Lodos	\$ 0,02	g	20 737,00	414,74
Craft Creamface	\$ 351,88	m <sup>2</sup>	3,12	1 099,00
Craft Grayback	\$ 304,46	m <sup>2</sup>	2,98	906,32
Adhesivo	\$ 1,60	g	350,00	561,05
<b>Costos Indirectos Totales por placa</b>				<b>\$ 6 513,90</b>
COSTOS INDIRECTOS DE FABRICACIÓN				
Descripción		Total por placa (COP)		
Seguro		\$ 22 914 520,68		
Materiales indirectos		\$ 10 000 000,00		
Arriendo local de producción (1 625 m <sup>2</sup> )		\$ 18 000 000,00		
Servicios públicos		\$ 27 377 298,38		
Vigilancia		\$ 7 909 187,44		
<b>Costo Total de CIF por placa</b>				<b>\$ 930,51</b>
<b>Costo Unitario Total</b>				<b>\$ 7 444,42</b>

### 3.5 VALIDACIÓN DEL MERCADO

Para la realización de la validación del mercado es importante conocer la información previa con la que se cuenta, la cual se encuentra en el plan de negocios del proyecto, realizado por los Ingenieros Ambientales Jorge Mario Giraldo y Roberto Ochoa Jiménez, y se observa a continuación (Giraldo Orozco & Ochoa Jimenez, Plan de Negocio de las ECOPLACAS, 2008):

“El mercado de las placas de drywall hace parte del mercado de sistemas de construcción liviana en seco el cual empezó a desarrollarse en Colombia desde hace 15 años aproximadamente, con empresas de reconocida trayectoria en el sector de construcción.

El sistema de construcción liviana en seco, como es conocido en el mercado, es ampliamente utilizado en la actualidad para construcciones nuevas o remodelaciones, donde se usan para muros, entrepisos, cielo falsos, divisiones de oficinas entre muchas otras aplicaciones. Para establecer el tamaño del mercado es importante tener en cuenta varios aspectos:

- El producto de placas de yeso-cartón ha venido en una etapa de alto crecimiento en los últimos años lo cual se debe a aspectos como:
  - *Incremento de la actividad edificadora en el primer lustro de esta década*
  - *Mayor cultura para la utilización de los sistemas de construcción liviana en el país debido a los beneficios que estos sistemas le ofrecen a las edificaciones, a los constructores y a los usuarios finales.*
- En la pasada década y principios de ésta la totalidad de la demanda nacional de placas de yeso-cartón era abastecida por el mercado externo, donde países como Estados Unidos, México y Chile fueron los principales proveedores para este tipo de productos. A partir de los últimos años empresas tan importantes como Eternit, Colombit y Gyplac han entrado a producir esta placa directamente en el país con la finalidad de abastecer el mercado interno y exportar a países como Ecuador, Venezuela y la región de Centro América y el Caribe

En el primer semestre del año 2006 la empresa Gyptec puso en funcionamiento una planta de fabricación de placas de yeso-cartón en Mamonal (Bolívar) que ha permitido reemplazar la mitad de las importaciones del país y exportar la tercera parte de su producción a los países y regiones antes mencionadas.

Las importaciones del año 2008 representaron el 50% del consumo interno de placas de yeso y el 50% restante es abastecido por empresas del mercado nacional especialmente Gyptec. El mercado en el año anterior tuvo una cantidad estimada de aproximadamente 14 000 000 m<sup>2</sup> de paneles de yeso de los cuales el 50% es importado por diferentes empresas siendo la marca USG de Estados Unidos la más posicionada con un 72% de participación del total de las importaciones equivalentes a 5 308 859 m<sup>2</sup>.

En segundo lugar se encuentra la marca Gyplac procedente de Chile y que participa con el 12% de las importaciones totales que en metros cuadrados corresponde a 875 836 m<sup>2</sup>. Del mercado de importaciones le continúa en tercer lugar en importancia la marca Panel Rey de México que participa con un 10% aproximadamente del mercado de importación con un total de 832 201 m<sup>2</sup>.

Como mencionábamos el mercado para el año 2008 estaba estimado en más de 14 millones de metros cuadrados de panel de yeso aproximadamente. Si tenemos en cuenta que los proveedores nacionales ahora están participando con el 50% del mercado partiendo que la empresa Gyptec ha reemplazado el 50% de las importaciones según informes de el periódico Portafolio en su edición de Noviembre 22 de 2.006 donde menciona que la empresa Gyptec con su puesta en marcha de su nueva planta en Mamonal Cartagena ha logrado obtener dicha participación.

Así mismo se encuentran entrando al mercado otras fabricas que realizaran la producción de este tipo de placas de yeso como es Top-Tec en Barranquilla y la de Gyplac en la zona franca de Cartagena.

Para el año 2006 el mercado tuvo un consumo de 9.5 millones de metros cuadrados de paneles de yeso lo que representa un crecimiento del 47% en dos años lo cual es aproximadamente cercano a los comentarios de algunos comercializadores donde mencionaban que el mercado estaba creciendo a una tasa del 30% anual.

Dicho de otra manera el ambiente que rodea la construcción liviana en seco, brinda un panorama apto para que los potenciales compradores del producto se presenten al mercado por medio de diferentes actores, tales como:

- Empresas Constructoras.
- Distribuidores e instaladores de Drywall.”

Con la información anterior y suponiendo que el mercado absorbió en el 2008 14 millones de metros cuadrados de placas de yeso-cartón y que la tasa de crecimiento del mercado de éstas se sostuvo en un 30% para el año 2009, se estaría hablando de una demanda de 18,2 millones de metros cuadrados de placas para el presente año, lo cual equivale a 6 113 948 placas, por lo que para realizar la validación del estudio de mercado anteriormente mencionado, se realizó un estudio de mercado no probabilístico y de carácter exploratorio a partir de llamadas telefónicas a empresas contratistas, las cuales serían el nicho de mercado ideal para la comercialización de ECOPLACAS, como son: CIELOTEC, DRYWALL DE COLOMBIA, DRYWALL GUAYABAL Y COMCIELO; donde se encontró que para una empresa mediana, como CIELOTEC, el consumo mensual de placas es de 1 200 unidades, y una que cuente con mayor volumen en obras y contratos en el sector de la construcción, depende del estado global de la construcción, podían estar en aproximadamente 2 000 placas/mes, dispuestas éstas a pagar en promedio para una placa de 3/8” \$18 500/placa y para una placa de 1/2” \$19 500/placa, siempre y cuando éstas cuenten con las dimensiones estándares de 2,44 m de largo y 1,22 m de ancho.

Por lo anterior y teniendo en cuenta que la producción mensual de ECOPLACAS es de aproximadamente 92 638 placas, se puede deducir, que se cuenta con la suficiente demanda que permita absorber toda la oferta de ECOPLACAS.

### **3.5.1 Análisis del mercado.**

#### **3.5.1.1 Análisis de las 5 fuerzas de Porter**

El análisis de las cinco fuerzas de Michael Porter, es utilizado constantemente en la industria ya que permiten hacer una evaluación de los aspectos que componen el entorno del negocio, desde un punto de vista estratégico.

Esta metodología permite conocer el sector industrial en el que se desenvolverá la empresa, teniendo en cuenta varios aspectos como son: el número de proveedores y clientes, la frontera geográfica del mercado, el efecto de los costos en las economías de escala, los canales de distribución que se requieren para tener acceso a los clientes, el

índice de crecimiento del mercado y los cambios tecnológicos, permitiendo que las organizaciones determinen el grado de competitividad que hay en el mercado, representadas en: precio, calidad del producto, servicio al cliente, integración o cooperación con proveedores y clientes, e innovación.

Por lo anterior se desarrollará un análisis de las cinco fuerzas de Porter para las ECOPLACAS, con el fin de lograr determinar las condiciones actuales del mercado.

- **RIVALIDAD INTERNA:**

Teniendo en cuenta que las ECOPLACAS tienen propiedades que generan ventajas frente a las de sus competidores, como son mayor resistencia a la extracción de clavo, valor ambiental, menor peso, entre otras; se podría pensar que su ingreso al mercado es superior y con éxito inminente, lo cual no es cierto, ya que cuenta con una variable que puede generar desconfianza en el medio, la cual es la innovación, ya que en esta hay desconocimiento de procesos, y demás características que pueden hacer que el medio crea que es un producto pasajero y que no cumple con las mismas condiciones que pueden ofrecer los productos ya existente.

Por lo anterior, se deben realizar prácticas que permitan evidenciar las características y ventajas que ofrece éste producto innovador, con el fin de que el choque del medio con la innovación que representan las ECOPLACAS, no vayan a debilitar a la organización.

- **PODER DE NEGOCIACIÓN CON LOS PROVEEDORES:**

Las relaciones con los proveedores es una de las variables que determinan la flexibilidad de una organización frente a las variaciones del mercado, por lo que es ideal que éstas sean gana-gana, con el fin de garantizar la satisfacción y crecimiento de ambas empresas.

Un ejemplo de las relaciones gana-gana que se deben generar, es las que se darían con la empresa proveedora de los lodos papeleros, puesto que éstas al producir sus productos, generan este residuo de difícil disposición, el cual al ser transferido a las ECOPLACAS genera disminuciones de costos para la empresa proveedora, ya que no debe encargarse de la disposición de éste “problema”, sino que la ECOPLACA soluciona esa situación y a su vez esta solución ambiental que genera riqueza para la empresa producto de las placas.

La situación anterior refleja un panorama ideal, pero es importante tener presente que si la empresa productora de las ECOPLACAS cuenta con un único proveedor de lodos, puede generar debilidad en su poder de negociación ya que el proveedor cuenta con mayor fuerza de decisión en cuanto a precio, condiciones de entrega y demás variables que pueden afectar la estabilidad de la organización.

- **PODER DE NEGOCIACIÓN CON LOS CLIENTES:**



Los clientes o compradores de un producto determinado, son el motor que genera que las empresas logren operar, ya que ellos son cruciales para la realización de ventas, factor fundamental para las organizaciones, las cuales junto a la calidad del producto ofrecido, el servicio al cliente, la innovación y el manejo de precios, logran la sostenibilidad de una organización en el tiempo.

Por otro lado, es importante que la empresa productora de ECOPLACAS busque satisfacer al máximo las necesidades del nicho de mercado que quiere atender, ya que tiene como rival las placas de yeso-cartón y/o fibrocemento, productos que han logrado posicionarse en el medio como las principales opciones de compra para la construcción liviana en seco, por lo que las empresa productora de ECOPLACAS deben potenciar su producto, realzando el valor ambiental que generan, las ventajas que tiene sobre las placas de yeso-cartón y fibrocemento, y la implementación de descuentos o promociones como:

- Con las empresas contratistas, las cuales usen las ECOPLACAS en sus proyectos, recibiendo descuentos por comprar en grandes cantidades, ya que luego, dichos proyectos servirán como publicidad para el producto y a su vez para la marca.
- Con los distribuidores, los cuales al generar grandes cantidades en ventas del producto, obtengan descuentos especiales, por ende mayor ganancia, ya que el producto siempre será vendido al cliente final, al mismo valor.
- Con los clientes finales, proporcionando descuentos por compras frecuentes y/o por grandes cantidades.

- **NUEVOS COMPETIDORES:**

El ingreso de nuevos competidores al mercado de la construcción liviana en seco es algo inevitable, ya que es un sector en desarrollo y muy atractivo para las organizaciones, ya que ofrece un futuro prospero en dicho mercado.

Por lo anterior, es importante saber que las principales características diferenciadora con las que cuentan las ECOPLACAS, son su valor ambiental y la innovación que representan, los cuales junto con las calidad, el servicio al cliente y sus excelente propiedades mecánicas, pueden generar barreras que limiten el acceso de nuevos competidores, que no busquen únicamente la fabricación de placas para la construcción liviana en seco, sino que quieran generar un valor ambiental positivo, por lo que dichas barreras serán las que atraerán al mercado y permitirán generar un buen posicionamiento de la marca y del producto.

- **PRODUCTOS SUSTITUTOS:**

Como se ha mencionado anteriormente, las ECOPLACAS pueden ser sustituidas por las placas de yeso-cartón y de fibrocemento, las cuales son utilizadas para interiores y exteriores respectivamente, cumpliendo de esta manera las mismas funciones y características que tienen las ECOPLACAS.

Por lo anterior es importante que la empresa productora de ECOPLACAS tenga presente que el ingreso al mercado de la construcción liviana en seco es

complicado, ya de dichos productos sustitutos llevan más trayectoria en el medio y son más conocidos por contratistas, almacenes de distribución y clientes particulares, disminuyendo esto la demanda inicial de las ECOPLACAS.

### 3.5.1.2 Análisis de las 4P's

- **PRODUCTO:**

El producto que se ofrecerá con el proceso productivo anteriormente descrito, recibe el nombre de ECOPLACA y su propósito es ser utilizado como producto sustituto de las placas de fibrocemento y/o de las de yeso-cartón, en la construcción de estructuras modulares, cumpliendo y superando características en cuanto a calidad, resistencia mecánica y presentación final, lo cual puede permitirle a éste producto innovador, que tiene como valor agregado el cuidado del medio ambiente por ser fabricado a base de material reciclado, entrar y posicionarse en un mercado tan evolutivo y en desarrollo, como es el de la construcción liviana en seco.

- **PRECIO:**

El precio de la ECOPLACA al público se definirá a través del costo unitario de ésta, el cual es de \$7 444,42 y con un porcentaje de ganancia supuesto de 70%. Además, teniendo en cuenta que como se describió en el proceso productivo, las ECOPLACAS tendrán una presentación en la cual vienen dos placas, al igual que sus productos competidores; su precio de venta al público será de \$25 311,02, el cual en el mercado es un precio competidor, ya que aproximadamente se puede encontrar un par de placas de yeso con las mismas dimensiones que la ECOPLACA en aproximadamente \$27 160<sup>16</sup>, y un par de placa de fibrocemento de 10 mm de espesor en aproximadamente \$48 990<sup>17</sup>. Por otro lado, teniendo en cuenta que las placas serán también distribuidas por comercializadoras aliadas, será necesario realizar negociaciones con estos para garantizar que siempre haya entre ambos una relación "gana-gana" que permita lograr estabilidad en el precio, lo cual beneficiará también al cliente final.

- **PROMOCIÓN:**

La promoción deberá consistir en realizar alianzas con comercializadoras de materiales para construcción, las cuales den a conocer el producto al cliente final por medio de publicidad directa en sus puntos de venta. Además, se deberá realizar alianzas con empresas contratistas para que estas empiecen a comprar las ECOPLACAS y a utilizarlas en sus proyectos, los cuales luego de ser terminados servirán como muestra directa del producto y de sus ventajas frente a sus productos sustitutos. Además, se deberá dar a conocer el producto

---

<sup>16</sup> Valor con IVA incluido, de un par de placas de yeso de 2,44x1,22 m y 12,7 mm de espesor, cód. 125290 de Home Center.

<sup>17</sup> Valor con IVA incluido, de un par de placas de fibrocemento de 2,44x1,22 m y 10 mm de espesor, cód. 21444 de Home Center.

masivamente a través de anuncios en periódicos, vallas publicitarias, revistas, etc., que muestren la marca y las ventajas del mismo.

Junto con esto se deberá crear una página web de la empresa, la cual: dé a conocer la marca; las características detalladas del la ECOPLACA; la descripción del proceso de fabricación de las mismas, para que el cliente pueda familiarizarse con éste; cuente con un contacto directo con la empresa, para realizar preguntas, quejas y/o reclamos, y con una descripción de cada una de las formas en las que se puede adquirir el producto, bien sea por venta directa de la empresa o a través de los distribuidores aliados. Todo lo anterior acompañado de un anuncio llamativo en el directorio telefónico de la ciudad.

- **DISTRIBUCIÓN (PLACE):**

Las ECOPLACAS serán distribuidas a lo largo del territorio nacional, pero principalmente en el departamento de Antioquia. Estas se podrán encontrar en todos aquellos puntos donde se encuentre material para construcción, garantizando así que se tenga siempre oferta del producto y los clientes puedan preferirlo por encima de sus productos sustitutos (placas de fibrocemento o de yes-cartón). Además, será distribuido tanto por venta directa de la empresa como por las comercializadoras aliadas, a contratistas grandes o pequeños que quieran utilizar las ECOPLACAS como parte de los materiales necesarios dentro de la ejecución de sus proyectos.

### 3.5.2 Aliados estratégicos

En la tabla 35, se encuentran el listado de los aliados estratégicos para el mercado de las ECOPLACAS.

**Tabla 35. Listado de Aliados estratégicos.**

ALIADOS ESTRATEGICOS			
Ciudad	Nombre	Dirección	Teléfono
Medellín	CONSTRUCTORA PRECOMPRESOS S.A.	Cr 42 # 27-150	(4) 3703350
	CASA FULL	Cl 54 # 34-56	(4) 2172114
	CONSTRUCTORA PUNTO DORADO S.A.	Cr 50E # 10Sur-120	(4) 3546666
	DOLPHIN DE COLOMBIA LTDA	Cr 25A # 1-31 Int 806	(4) 3216611
	ESTRUMELCOL E.U.	Cr 92 # 88-80	(4) 4423555
	CONCRETO S.A.	Cr 42 # 75-125 Itaguí	(4) 3755200
	CONSTRUCTORA CASAMADERA S.A	Cl 75 B S 40-275 Sabaneta	(4) 3762730
	FAJARDO MORENO Y CIA S.A	Cl 7Sur # 42-70 P- 24 y 25	(4) 3107070
	CONSTRUCTORA MADERINCO	calle 84 sur 40-350	(4) 3092744

ALIADOS ESTRATEGICOS			
Ciudad	Nombre	Dirección	Teléfono
	DESARROLLOS INMOBILIARIOS S.A	Cl 5G # 29A-57 Of 103	(4) 3122565
	CONVEL S.A.	Cr 63B # 32E-26	(4) 2658866
	ALS	Cl 11 # 30A-173 02	(4) 4446618
	SOLITEC	Cl 11 # 30A-173 02	(4) 4446619
	ABAD ARQUITECTOS LTDA.	Cr 33 # 7-89	(4) 2686933
	ABAD ESTRADA FERNANDO	Cr 43A # 27A S-86 Of 245	(4) 3313527
	ALFA ARQUITECTOS	Cr 47 # 35S-80 L- 101	(4) 2769178
	ALFA CONSTRUCTORA Y PROMOTORA DE PROYECTOS S.A.	Cl 7 D 43 A-99 Int 1308	(4) 3122464
	AC & PROTECTOS CONSTRUCTIVOS	Cr 27 # 38S-51 Apto 820	(4) 3022306
	AGORA CONSTRUCTORES LTDA.	Cr 90 # 45-49	(4) 2530827
	ALBATROS INGENIERÍA	Cr 80A # 35A-36 P- 1	(4) 4123417
	ALBERTO CONSTRUCTOR	Cr 82B # 33B-54	(4) 4121818
	ALVAREZ LLANO Y CÍA. LTDA.	Cr 50A # 34-20 Bello	(4) 4522101
	AMBIENTE CONSTRUCCION Y REMODELACION	Av 21B # 57AA-22 Int 202	(4) 4539195
	AME CONSTRUCCIONES	Cl 40A Sur # 45F-20	(4) 3323312
	ANDINA DE CONSTRUCCIONES LTDA.	Cl 57Sur # 43A-191	(4) 2883288
	ARCONCI OBRAS CIVILES LTDA	Cl 46A # 49-30 Itaguí	(4) 3746631
	ARGES LTDA.	Cl 52A # 50-46	(4) 2319814
	ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIÓN	Cr 49 # 50-30 Int 501	(4) 2319510
	ARQUITECTURA Y CONSTRUCCIONES NOVOA	Cr 46 # 41-16 Apto 932	(4) 4442238
	ARQUITECTURA Y PROYECTOS	Cl 27A Sur # 47-55 Int 1301	(4) 3767006
	ASCONCIVIL LTDA.	Cr 48 # 46-47 Apto 301	(4) 3729236
	AT CONSTRUCCIONES	Cr 66 # 36-27 Of 105	(4) 2655613
	AVILA PROYECTOS	Cl 31B # 102A-07	(4) 3422736
	B.I.S. COSNSTRUCTORA S.A.	Cl 5A # 39-131 Int 402	(4) 3116760
	C Y B CONSTRUCTORES	Cr 82A # 21-159 Casa 155	(4) 3430773
	CARDONA Y MATEUS LTDA.	Cl 60 75-150 int 9005	(4) 4462358
	C.A.V. CONSTRUCCIONES E.U.	Tr 51A # 69-81 Apto 515	(4) 2609234
	CEFRACO	Cr25 A 1-31 Of 1308	(4) 3175010
	CELTA S.A.	Cr 46 # 14-48	(4) 3117730

ALIADOS ESTRATEGICOS			
Ciudad	Nombre	Dirección	Teléfono
	CLAN INGENIEROS	Cr 74 # 24-63	(4) 2381000
	CMCT	Cl 22D # 43C-72 Bello	(4) 4644388
	COCIVIL LTDA.	Cr 76 # 49-11	(4) 4483108
	COMPAÑÍA DE ASESORIAS Y CONSTRUCCIÓN LTDA	Cl 6 # 43C-08 Of 203	(4) 3193770
	COMPAÑÍA DE CONSTRUCTORES ASOCIADOS S.A.	Cr 41 A 10-09	(4) 2665050
	COMPAÑÍA METROPOLITANA DE PROYECTOS LTDA.	Cl 10 # 38-49 Of 501	(4) 3112586
	CON ARQUITECTURA S.A.	Cl 10 # 42-45 Of 311	(4) 3119095
	CON ESPACIO CONSTRUCTORES S.A.	Cl 5 # 43D-23 Int 1301	(4) 2662573
	CONCEPTOS CONSTRUCTIVOS	Cr 43B # 8-69	(4) 3111994
	CONDIMAT LTDA.	Dg 32B # 33S-28 Envigado	(4) 3331519
	CONPROPIA LTDA.	Tr7 A 30-141	(4) 2667733
	CONPROYECTOS LTDA	Cl 6 S 51-51	(4) 2855359
	CONSTRUCCIONES A.P. S.A.	Cl 80Sur # 47D-163 Of 107	(4) 3012277
	CONSTRUCCIONES BG LTDA.	Cl 11A # 43D-60	(4) 2300629
	ABASTECEDOR AARON-TEK	Cl 45 C S 42 C-41 Envigado	(4) 3327374
	ACABADOS LINA ZAPATA	Cl 52 # 78B-59	(4) 3240357
	ALMACÉN CASA CLARA CONSTRUCCIÓN	Cr 50A # 46-119 Itagüí	(4) 3730299
	AOL CONSTRULIVIANOS	Cr 115 # 39BF-84	(4) 4925875
	ARQUITECTURA LIVIANA Y ACUSTICA S.A.S	Cl 17 A S 48-94 Int 317	(4) 3138122
	CONSTRUCCIÓN LIVIANA S.A.	Cl 44A # 73-49	(4) 4168392
	JYREHT CIELOS Y MUROS	Cr 45 # 76-74 Int 103	(4) 5711592
	MARPED SISTEMAS CONSTRUCTIVOS	Cr 43G # 24-32	(4) 2620102
	OBRA LIMPIA	Cr 93D # 33B-27 Apto 101	(4) 4923830
	ORTIZ CONSTRUCCIONES	Av 33 # 55-95 Int 158 Bello	(4) 4536701
	PROGYP LTDA.	Cl 4Sur # 51B-20	(4) 3623368
	TÉCNICAS MODULARES LTDA.	Cr 43G # 24-32	(4) 2322088
	TECNOLOGÍA S.A.0	Cl 6 # 50-166	(4) 3610077

ALIADOS ESTRATEGICOS			
Ciudad	Nombre	Dirección	Teléfono
	URBANISTICA CONSTRUCCIÓN LIVIANA	El Retiro	(4) 5411201
Barranquilla	CARLOS JIMÉNEZ SARTA Y ASOCIADOS LTDA.	Cr 52 # 90-125	(5) 3008199
	CONSTRUCTORA CARES S.A.	Cr 52 # 76-167 Of 405	(5) 3681116
	ESCORCIA NAVARRO ANTONIO JOSÉ	Cr 54 # 55-39 Of 405	(5) 3683140
	MOVICONSTRUCCIONES LTDA.	Cr 54 # 55-39 Of 405	(5) 3683140
	CONSTRUCTORA VILLA LINDA	Cr 58 # 68-14	(5) 3688505
	CONINGENIO LTDA.	Cr 73 # 78-17	(5) 3556674
	JAIME ARANGO ROBLEDO & CÍA. LTDA.	Cl 72 41 B-95 Of 501	(5) 3488300
	AM CARIBE LTDA.	Cr53 79-315 Of-202	(5) 3739727
Bogotá	INDUSTRIAS COLARCILLAS C.I. S.A.	Km 3.5 Vía Pantoja Soacha	(1) 7329387
	CONSTRUCCIÓN DE URBANISMOS MAQTRANS LTDA.	Cr 87 # 70A-57	(1) 2236429
	AMBIENTTI DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN	Cr16 A # 78-11 Of. 602	(1) 6466200
	OIKOS	Cr16 A # 78-55 P-6	(1) 6516131
	AB CASALISTA LTDA	Cr15 # 78-02	(1) 2181612
	CONSTRUCCIONES OBYCON S.A.	Cl 93B # 13-92 Of 303	(1) 6228061
	NIÑO CAINA CONSTRUCCIONES LTDA.	Cr 7G # 153-27	(1) 5276303
	CASA PROPIA COLOMBIA	Cr 9 # 59-91 Of 301	(1) 3101288
	PIZANO PRADILLA CARO RESTREPO LTDA.	Cr11 A 90-15	(1) 2183011
	JULIO CORREDOR Y CÍA. LTDA.	Cl 81 8-95	(1) 4853000
	TRENZO LTDA ARQUITECTURA E INGENIERÍA	AvSuba 106 A-28 Of. 502	(1) 6431068
	VID PLEX UNIVERSAL S.A.	Cr43 13-71	(1) 3685048
	GMP DESARROLLOS Y PROYECTOS S.A	Cr 13 # 92-57 Of 402	(1) 6162208
	INGENIERÍA & ACABADOS APEC LTDA.	Cr 49A # 91-52	(1) 4129323
	PROICOPOR LTDA.	Cr 28 # 8-70	(1) 2474033

ALIADOS ESTRATEGICOS			
Ciudad	Nombre	Dirección	Teléfono
	ANDINO CONSTRUCCIONES Y EQUIPOS	Av Suba 97-57	(1) 5340090
	AMARILO S.A.	Cr 19A # 90-12	(1) 6340000
	AMR CONSTRUCCIONES	Cr 14 # 86A-76	(1) 6222552
	CARLOS GAVIRIA Y ASOCIADOS S.A. - PROINGENIAR S.A.	Cr11 86-32 Of 201	(1) 6101052
	CONSTRUCTORA LACORAZZA & MÉNDEZ LTDA.	Cr 16 # 94A-62 Of 5	(1) 6110061
	GRUPO AIB	Av15 122-69	(1) 2153545
	LIMOR CONSTRUCCIONES LTDA.	Cr 2 # 17-49 Int 2 ChÑa	(1) 8707335
	VALOR S.A.	Cr 16 # 97-37	(1) 6107001
	F.M.L. INGENIEROS LTDA.	AvCr 7 113-16 P-5	(1) 2145733
	GE&CE ARQUITECTOS CONSTRUCTORES	Cl 125 # 19-89 Of 502	(1) 2448190
	APIROS - VAMOS A CASA	Cl 76 11-17 P-4	(1) 3252200
	MVG CONSTRUCTORES S.A.	Cr 7C # 121-08	(1) 5200214
	CONSTRUCTORA BUILD PARADISE	Cl 5 B 73-11	(1) 2646408
	INPEFRA INGENIEROS	Cr 53A # 118-48 P- 2	(1) 2755460
	PROYECTOS Y DISEÑOS SAN MIGUEL S.A.	Cr23 124-70 Of 405	(1) 6374095
	A&C CONSTRUCTORES LTDA.	Cr 111C # 78-20 Apto 402	(1) 4334261
	A. KORN ARQUITECTURA S.A.	Cl 106 # 21-47	(1) 6378169
	A-TIEMPO	Cl 127A # 71B-29 Apto 301	(1) 6135152
ABC PROYECTOS INMOBILIARIOS	Cr 7 # 74-56 Of 1102	(1) 3134037	
Santa Marta	CONSTRUCTORA E INMOBILIARIA INGMECO LTDA	Cl 11 19 B-103 Almendros	(5) 4207963
	CONSTRUCTORA JIMÉNEZ	Cl 23 # 4-27 Of 701	(5) 4210067
Armenia	CONSTRUCCIONES & CONSULTORIA OEHG n	Cr 14 # 23-27 Of 709	(6) 7444561
	CONSTRUCTORA CAMU LTDA	Cl 21 # 16-46 P- 10	(6) 7411538
	ISSA	Cr 18 # 1N-15 Nueva Cecilia	(6) 7459499
Bucaramanga	GRUPO INGECAR	Cl 88 # 24-79 Diamante li	(7) 6942640
	COINGSA COLOMBIA LTDA.	Cl 23 # 28-69 Molinos	(7) 6192318

ALIADOS ESTRATEGICOS			
Ciudad	Nombre	Dirección	Teléfono
	CONURBAR LTDA. CONSTRUCCIONES URBANISTICAS Y ARQUITECTÓNICAS	C.C. Cabecera Et. IV Of. 420	(7) 6430803
	CONARING LTDA.	Cr29 50-45	(7) 6432937
Cali	CONSTRUIR INGENIERÍA LTDA.	Cl 49 Norte # 6N-250	(2) 6834760
	DHALCON	Cr 96 # 3-47	(2) 3326270
	SKALA 1:1	Cr28 A 10 A-58 P-1	(2) 5145607
	TEKTONIKA INGENIEROS Y ARQUITECTOS LTDA.	Cl 13B # 72-175 Of 302 D	(2) 3158286
	SAINC INGENIEROS CONSTRUCTORES S.A.	Cl 11 # 100-121 P- 12	(2) 4852919
	I.C. PREFABRICADOS S.A.	Cl 38 # 4A N-07	(2) 6856500
	AMBIENTES Y ESTRUCTURAS LTDA.	Cl 12A # 56-04 Of 103	(2) 3304650
	TRIDIMENSIONAR S.A.	Cr 72 # 13B-02 Bdg 2	(2) 3308890
	ARQUITECTOS INGENIEROS DE COLOMBIA AICO LTDA.	Cl 30e # 34-15 Of 302	(2) 5580537
	CENTRO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA VICENTE GARRIDO LIBREROS	Cr 65C # 12A-30 Of 201	(2) 5245255
	CONSTRUCTORA INCON S.A.	Cl 13A # 100-35 Esq	(2) 6814433
	A.A. CONSTRUCTORES LTDA.	Cr4 14-50	(2) 8961194
ABC INDUSTRIAL	C.C. Holguines Of 818	(2) 3397932	



## 4. CONCLUSIONES

Conclusión a nivel personal:

- El desarrollo de este proyecto permitió ampliar y fortalecer conocimientos que se habían adquirido durante toda la carrera de Ingeniería Industrial, los cuales, junto con las retroalimentaciones que se tuvieron con personas de diferentes profesiones, como fueron: ingenieros químicos, industriales, mecánicos, mecatrónicos, civiles y personal del sector comercial; los que generaron en éste trabajo de grado un valor agregado de interdisciplinariedad, ya que llevó a las realizadoras de éste trabajo a investigar, discutir y defender diferentes puntos de vista que fortalecieron sus aptitudes y actitudes profesionales.

Conclusiones a nivel industrial

- La implementación del almacenamiento de los lodos al 39% de humedad dentro de tanques cerrados, permite controlar y conservar por mucho más tiempo las características con las que éstos son entregados por los proveedores, lo cual facilita el flujo continuo de material, ya que la formulación para la fabricación de ECOPLACAS no presentaría variaciones durante el proceso.
- Las ECOPLACAS son una opción adecuada para la disposición de los residuos de la industria papelera, ya que con una producción industrializada se pueden procesar todos los lodos papeleros producidos por el posible proveedor del proyecto, generando esto un valor agregado enfocado en el cuidado del medio ambiente
- Las ECOPLACAS, como producto innovador, deben buscar satisfacer las necesidades del cliente en cuanto a calidad, servicios y precio de venta, la cual tiene como ventaja sobre las placas de yeso-cartón y fibrocemento, su bajo costo unitario y por ende su margen de utilidad.

Conclusiones generales del escalado

- Por medio de los resultados obtenidos en este trabajo de grado, se determinó que la planta de producción industrializada para la fabricación de ECOPLACAS es factible, ya que mucha parte de la maquinaria que se requiere, existen en el mercado y cumple con las especificaciones del proceso productivo.

## 5. RECOMENDACIONES

A partir de la realización de este trabajo de grado y de los resultados obtenidos en éste, se hacen las siguientes recomendaciones con respecto a condiciones que pueden mejorarse en los procesos para la producción de ECOPLACAS y respecto a estudios que se pueden desarrollar posteriormente tomando como base este trabajo.

- Debido a que al lodo es necesario agregarle agua para poder ser procesado en el pulper, es recomendable buscar por medio de investigación otro proceso que realice el despulpado de la celulosa con las características necesarias para la producción de ECOPLACAS sin necesidad de adicionar agua, lo cual reduciría notablemente el uso de agua y energía en el proceso. Por otro lado, de no ser posible modificar el proceso de despulpado, sería ideal ubicar la planta cerca al proveedor de lodos, de tal manera que estos puedan ser desplazados por medio de tuberías y con la humedad necesaria para ser procesados en el pulper.
- Dado a que fue necesario describir máquinas que se adaptaran al proceso, se recomienda fabricarlas a través de ingeniería especializada en empresas nacionales, lo cual permitirá obtenerlas a precios económicos y además garantizar que el proceso tenga la productividad descrita en este trabajo. De no ser posible esta fabricación nacional, buscar detalladamente en el mercado, maquinaria que cumpla con las mismas funciones que estas, basados en las máquinas implementadas en la producción de placas de yeso-cartón, lo cual permita garantías al momento de la implementación de la planta, al igual que beneficios en el precio de estas.
- Para eliminar la restricción del proceso, se recomienda buscar bien sea en el mercado nacional o en el internacional un horno que permita tener una producción totalmente continua, lo cual permita disminuir la cantidad de tiempos muertos generados en la alimentación y recuperación de temperatura que debe realizar el horno descrito anteriormente para procesar un nuevo lote, pero sin incrementar de manera sustancial las dimensiones de la planta y el gasto de energía.
- Es recomendable tener en cuenta que al momento de realizar la evaluación del proyecto para la implementación de la planta de producción anteriormente descrita, se debe solicitar una evaluación por un ingeniero de ANDRITZ que se encargue de evaluar como sería la implementación e instalación de cada una de las máquinas que se comprarían a dicha empresa, lo cual genera un sobre costo que debe ser incluido en el costo de implementación de la planta.

## BIBLIOGRAFÍA

Aguilar Roldan, L. A. (2006). *Material didáctico para un curso de mecánica de fluidos*. Medellín.

Aguilar Roldán, L. A. (2006). Resistencia en válvulas y juntas (codos y tes) expresada como longitud equivalente en diámetros de conducto,  $L_e/D$ . En L. A. Aguilar Roldán, *Material didáctico para un curso de mecánica de fluidos* (pág. 70). Medellín.

ANDRITZ GROUP. (2009). *ANDRITZ*. Recuperado el Octubre de 2009, de <http://www.andritz.com/ANONIDZ1B951F55718E13EC/ppp.htm>

Chase, R. B., Jacobs, F. R., & Aquilano, N. J. (2005). *Administración de la producción y operaciones* (Décima ed.). México, D.F.: McGraw - Hill.

Cock, I. P. (Octubre de 2009). (D. M. Gómez, & L. F. Jiménez, Entrevistadores)

Colombit. (2007). *Placas de yeso GYPLAC*. Recuperado el 2008, de <http://www.colombit.com.co/Colombit2006/es/Producto.aspx?Tipo=P&ID=14&Ch=2>

Domínguez Machuca, J. A., Álvarez Gil, M. J., Ruíz Jiménez, A., & Domínguez Machuca, M. A. (1998). *Dirección de operaciones: aspectos estratégicos en la producción y los servicios*. McGraw Hill.

Eternit. (2008). Eternit. *Catalogo de Cubiertas Translúcidas (Canaletas C-90 Y C-43)*. Colombia.

FAW. (2008). *Camiones FAW*. Recuperado el 2008, de [http://www.dinatrans.com/vehiculos/10ton\\_CA1161.html](http://www.dinatrans.com/vehiculos/10ton_CA1161.html)

FIBRATORE. (2007). *FIBRATORE, Ingeniería en plástico reforzado*. Recuperado el Octubre de 2009, de <http://www.fibratoresa.com/index.html>

García Criollo, R. (2005). *Estudio del trabajo: ingeniería de métodos y medición del trabajo* (Segunda ed.). McGraw Hill.

Giraldo Orozco, J. M., & Ochoa Jiménez, R. (Octubre de 2008). Ecopaneles, aprovechamiento de lodos papeleros en la industria de la construcción liviana. Medellín, Antioquia, Colombia.

Giraldo Orozco, J. M., & Ochoa Jimenez, R. (2008). Plan de Negocio de las ECOPLACAS. *Producto*. Medellín, Colombia.

ICONTEC. (26 de Febrero de 2003). Obtenido de "Reglamento del servicio de normalización del ICONTEC": <http://www.icontec.org>

Ochoa, R. C., & Giraldo, J. M. (02 de Septiembre de 2008). Reunión informativa y de documentación del proceso productivo de las Ecoplacas. (D. M. Gómez Medina, L. F. Jiménez Álvarez, & L. Jiménez Pulido, Entrevistadores)

Quinchía, A. M., Valencia, M., & Giraldo, J. M. (2007). USO DE LODOS PROVENIENTES DE LA INDUSTRIA PAPELERA EN LA ELABORACIÓN DE PANELES PREFABRICADOS PARA LA CONSTRUCCIÓN. *Revista EIA* .

Ramírez Henao, A., & Ochoa Rodríguez, S. (2006). *Trabajo de Grado: Análisis de la viabilidad técnica del aprovechamiento de residuos de industrias papeleras en la elaboración de paneles prefabricados*. Envigado.

Tompkins, J. A., White, J. A., Bozer, Y. A., & Tanchoco, J. (2006). *Planeación de instalaciones* (Tercera ed.). Mexico: Thomson.

Giraldo, J. M., & Ochoa Jiménez, R. (2009). Proceso Productivo.xls. Envigado, Colombia.

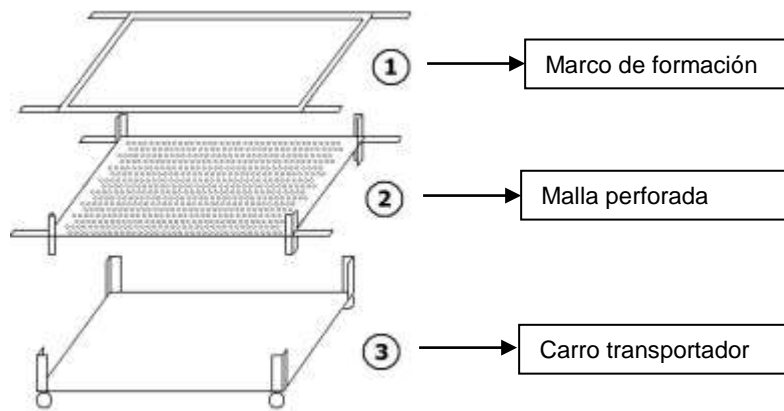
Giraldo, J. M., & Ochoa Jiménez, R. (2009). Valor Producción ECOPLACA.xls. Envigado, Colombia.

Giraldo, J. M., & Ochoa Jiménez, R. (2009). Ventas ECOPLACAS.xls. Envigado, Colombia.

## ANEXOS

### Anexo 1. Proceso gráfico de la implementación de la formaleta

Esquema de  
ensamble de la  
formaleta



Marco de secado

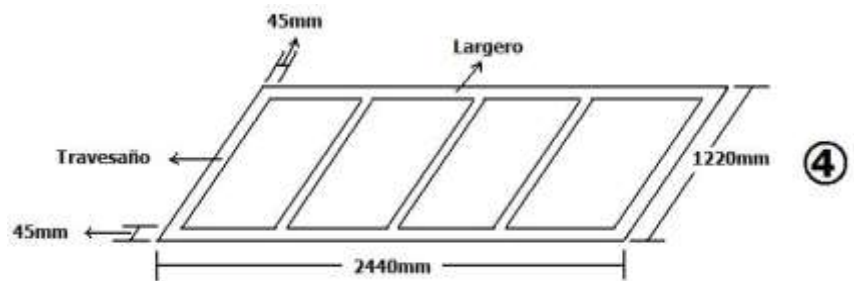


Foto de ECOPLACA  
en la formaleta  
después del secado



## Anexo 2. Estudio de métodos y tiempos en el proceso artesanal de cuatro ECOPLACAS

#	ACTIVIDAD	TAREAS		PLACA 1 (h:mm:ss)		PLACA 2 (h:mm:ss)		PLACA 3 (h:mm:ss)		PLACA 4 (h:mm:ss)	
		ORDEN	TAREA	TIEMPOS	TOTAL	TIEMPOS	TOTAL	TIEMPOS	TOTAL	TIEMPOS	TOTAL
1	PREPARACIÓN DE MATERIA PRIMA	1	Pesar el Yeso	00:29:41	00:58:43	00:39:23	01:05:23	00:18:00	00:54:00	00:09:00	00:53:00
		2	Pesar el Azúcar								
		3	Pesar los lodos								
		4	Pesar el Almidón								
		5	Medir el Agua								
		6	Mezclar yeso + azúcar = A								
		7	Mezclar lodos+ A = B	00:14:41	00:16:13	00:26:00	00:33:00				
		8	Mezclar agua + almidón = C	00:14:21	00:09:47	00:10:00	00:11:00				
		9	Mezclar B + C = D								
2	PREPARACIÓN DE LAS FORMALERAS	1	Colocar la base de la formaleta en la mesa de trabajo	00:03:44	00:14:24	00:02:47	00:12:11	00:02:47	00:12:11	00:02:47	00:12:11
		2	Colocarle la entretela a la base								
		3	Ubicar los bordes de la formaleta	00:10:40	00:09:24	00:09:24	00:09:24				
		4	Templar la entretela								
		5	Asegurar los bordes de la formaleta a la base con tuercas								

#	ACTIVIDAD	TAREAS		PLACA 1 (h:mm:ss)		PLACA 2 (h:mm:ss)		PLACA 3 (h:mm:ss)		PLACA 4 (h:mm:ss)	
		ORDEN	TAREA	TIEMPOS	TOTAL	TIEMPOS	TOTAL	TIEMPOS	TOTAL	TIEMPOS	TOTAL
3	VACIADO DE LA MEZCLA EN LA FORMALETA	1	Agregar la mezcla a un pedazo de la formaleta con la ayuda de una pala	00:20:47	00:20:47	00:25:10	00:25:10	00:25:00	00:25:00	00:20:00	00:20:00
		2	Esparcir la mezcla con la mano								
		3	Aplanar la mezcla por medio de un rodillo								
		4	Rellenar los espacios que sean necesarios								
		5	Pasar nuevamente el rodillo para aplanar nuevamente								
		6	Repetir el proceso desde el paso 1 hasta llenar toda la formaleta								
		7	Pasar el rodillo por toda la formaleta para aplanarla toda								
4	DESMONTAR LA FORMALETA PARA UNA NUEVA PLACA	1	Pulir los bordes de la placa por medio de un palo	00:07:19	00:07:19	00:07:19	00:07:19	00:07:19	00:07:19	00:07:19	00:07:19
		2	Quitar las tuercas que aseguran la base a los bordes de la formaleta								
		3	Quitar con cuidado los bordes de la formaleta								
		4	Bajar la base de la formaleta de la mesa de trabajo								
		5	Colocarle el marco a la formaleta								
		6	Asegurar el marco de la formaleta a la base								
5	TRANSPORTE DE IDA AL HORNO	1	Armar el carro de las formaletas	03:36:25	03:36:25	03:36:25	03:36:25	03:36:25	03:36:25	03:36:25	03:36:25
		2	Montar el carro de las formaletas al transporte								
		3	Traslado de las formaletas hasta el horno								

#	ACTIVIDAD	TAREAS		PLACA 1 (h:mm:ss)		PLACA 2 (h:mm:ss)		PLACA 3 (h:mm:ss)		PLACA 4 (h:mm:ss)	
		ORDEN	TAREA	TIEMPOS	TOTAL	TIEMPOS	TOTAL	TIEMPOS	TOTAL	TIEMPOS	TOTAL
				4	Descargar el carro del transporte						
6	SECADO DE LAS PLACAS EN EL HORNO	1	Tiempo de curado de la placa en el horno	09:00:00	09:00:00	09:00:00	09:00:00	09:00:00	09:00:00	09:00:00	09:00:00
7	TRANSPORTE DE REGRESO A LA PLANTA	1	Armar el carro de las formaletas	03:50:13	03:50:13	03:50:13	03:50:13	03:50:13	03:50:13	03:50:13	03:50:13
		2	Montar el carro de las formaletas al transporte								
		3	Traslado de las formaletas hasta el horno								
		4	Descargar el carro del transporte								
8	PEGADAR EL CARTÓN A LAS PLACAS	1	Desarmar el carro de las formaletas	00:08:13	00:20:45	00:08:13	00:19:59	00:08:13	00:21:33	00:08:13	00:20:45
		2	pegar el cartón a la placa	00:12:32		00:11:46		00:13:20		00:12:32	
				<b>TOTAL</b>	<b>18:28:36</b>	<b>TOTAL</b>	<b>18:36:40</b>	<b>TOTAL</b>	<b>18:26:41</b>	<b>TOTAL</b>	<b>18:19:53</b>

<b>TIEMPO TOTAL PROMEDIO PARA LA FABRICACIÓN DE UNA ECOPLACA ARTESANALMENTE</b>	<b>18:27:57</b>
---	-----------------



### Anexo 3. Cálculo del retorno sobre la inversión (ROI).

En el Plan de Negocios de las ECOPLACAS, realizado por los Ingenieros Ambientales Jorge Mario Giraldo y Roberto Ochoa Jiménez, se encuentran las siguientes utilidades netas para los primeros cinco años de operación:

Período	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Utilidad/Pérdida Neta	(\$999 814 680)	\$729 756 466	\$1 918 073 512	\$2 094 489 454	\$2 204 933 254

Con la información anterior, se calcula el ROI que genera la inversión inicial de \$3 065 570 549, mencionada anteriormente en el costo total de la planta (tabla 33), así:

ROI					
Período	AÑO 1	AÑO 2	AÑO 3	AÑO 4	AÑO 5
Utilidad/Pérdida Neta	(\$ 999.814.680,00)	\$ 729.756.466,00	\$ 1.918.073.512,00	\$ 2.094.489.454,00	\$ 2.204.933.254,00
Inversión Inicial	\$ 3.065.570.548,76	\$ 3.065.570.548,76	\$ 3.065.570.548,76	\$ 3.065.570.548,76	\$ 3.065.570.548,76
ROI	-32,61%	23,80%	62,57%	68,32%	71,93%