

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE PRODUCIR TABLÓN DE
ALTA DENSIDAD EN GLG**

NÉSTOR MAURICIO CASTAÑEDA PEÑARANDA

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CALI
2018**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE PRODUCIR TABLONES
DE ALTA DENSIDAD EN GLG**

NÉSTOR MAURICIO CASTAÑEDA PEÑARANDA

Trabajo de grado para optar el título de Magister en Ingeniería Industrial

**Director proyecto
ANÍBAL ARTURO PATERNINA DOMÍNGUEZ**

**UNIVERSIDAD ICESI
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL
CALI**

CONTENIDO

RESUMEN	9
1 INTRODUCCIÓN	10
2 CAPÍTULO I. Definición del Problema	12
2.1 Contexto del Problema.....	12
2.2 Análisis y Justificación.....	14
2.3 Formulación del Problema	16
3 CAPITULO II. Objetivos	17
3.1 Objetivo del Proyecto.....	17
3.2 Objetivos Específicos.....	17
3.3 Entregables.....	17
4 CAPÍTULO III. Marco de Referencia	19
4.1 Antecedentes o Estudios Previos	19
4.2 Marco Teórico.....	20
4.3 Aporte Critico	25
5 CAPÍTULO IV. Metodología	27
5.1 Metodologías de Análisis	27
5.1.1 Recolección y análisis de datos	29
6 TÍTULO V. Resultados	30
6.1 Detectar las oportunidades que tienen los tablones contrachapados de alta densidad producidos con guadua angustifolia laminada.....	30
6.1.1 Producto básico.....	30
6.1.2 Características	30
6.1.3 Propiedades mecánicas.....	30
6.1.4 Calidad	31
6.1.5 Tamaños.....	32
6.1.6 Usos de los Tablones	32
6.1.7 Análisis de elementos sustitutos	33
6.1.8 Definición de usos para los tablones de GLG de alta densidad.....	33
6.1.9 Análisis de productos y precios de elementos a sustituir	34

6.1.10	Oportunidades del GLG como sustituto.....	36
6.2	Analizar los procesos de producción requeridos para la fabricación de tablonc contrachapados de alta densidad producidos con guadua angustifolia	40
6.2.1	Descripción del proceso general para producir GLG.....	40
6.2.2	Análisis inicial de la fabricación de GLG de alta densidad.....	42
6.2.3	Determinación de la demanda máxima que puede ser cubierta en el proceso	43
6.2.4	Análisis del proceso de producción de GLG de alta densidad	47
6.3	Evaluación financiera del proceso de producción de tablonc contrachapados de alta densidad productos con guadua angustifolia	55
6.3.1	Cálculo del WACC (coste promedio ponderado de capital CPPC)	56
6.3.2	Flujos del proyecto.....	59
6.3.3	Cálculo de VPN.....	64
6.4	Conclusiones	67
6.5	Recomendaciones.....	69
7	Anexos.....	71

Lista de Figuras

Figura 1 Diagrama básico Gerencia de Operaciones	Error! Bookmark not defined.
Figura 2 Matriz Producto VS Proceso	Error! Bookmark not defined.
Figura 3 Proceso en línea	Error! Bookmark not defined.
Figura 4 Proceso intermitente	Error! Bookmark not defined.
Figura 5 Procesos por proyectos	Error! Bookmark not defined.
Figura 6 estudio de métodos y tiempos y su metodología	Error! Bookmark not defined.
Figura 7 Dimensiones del tablón	32
Figura 8 Consumo de madera en Colombia y procedencia	36
Figura 9 Proceso de producción de GLG	40
Figura 10 Latilla (lado izquierdo) y Esterilla (lado derecho) De Guadua	41
Figura 11 Proceso de producción de vigas de alta densidad en GLG	48
Figura 12 TES a Julio del 2024	57
Figura 13 Índice General de la Bolsa Colombia a 10 años	57

Lista de Tablas

Tabla 1 Diagrama Causa efecto	15
Tabla 2 Factores en la innovación sostenible	19
Tabla 3 Diferencias entre los tipos de producción ... Error! Bookmark not defined.	
Tabla 4 Densidad vs Resistencia WBS.....	31
Tabla 5 Comparativo de propiedades con productos sustitutos	33
Tabla 6 Rendimiento por hectáreas de especies en Colombia.....	35
Tabla 7 Usos potenciales del GLG	38
Tabla 8 Precio de maderas a sustituir.....	39
Tabla 9 Volumen, densidad y masa del tablón	43
Tabla 10 Tablones máximos de acuerdo con capacidad de prensado	44
Tabla 11 Cantidad Guadua requerida.....	44
Tabla 12 Distribución de Guaduales en Colombia	46
Tabla 13 Consumo de tallos del proyecto.....	46
Tabla 14 Tiempos y operarios cepillado	49
Tabla 15 Trapichado y Corte	49
Tabla 16 Preservado.....	50
Tabla 17 Secado.....	51
Tabla 18 Encolado y Armado de moldes	51
Tabla 19 Prensado.....	52
Tabla 20 Enfriado y Acabado.....	52
Tabla 21 Etapa 1.....	53
Tabla 22 Etapa 2.....	53
Tabla 23 Etapa 4,5 y 6.....	54
Tabla 24 Distribución de etapas en la semana	54
Tabla 25 Distribución de operarios	55
Tabla 26 Operarios por turno	55
Tabla 27 Calculo beta apalancado.....	56
Tabla 28 Calculo de Rm	58
Tabla 29 Nivel de endeudamiento	58
Tabla 30 Calculo de Wacc	59
Tabla 31 Costo Guadua y pegamento	59
Tabla 32 Costos Operarios	59
Tabla 33 Costo Personal Planta	60
Tabla 34 Costos Operacionales.....	60
Tabla 35 Precio de maderas a sustituir.....	61
Tabla 36 Ingresos al vender tablones a precios de productos sustitutos.....	62
Tabla 37 Utilidades al reemplazar cada madera.....	62

Tabla 38 Inversión Maquinas	63
Tabla 39 Inversiones aditamentos y accesorios	63
Tabla 40 Otras inversiones	64
Tabla 41 Cálculo VPN.....	64
Tabla 42 Precio equilibrio financiero	66

Anexo 1 Validación por juicio de experto del proyecto de grado..	71
Anexo 2 Evidencia fotográfica permiso visita a Induguadua.	74
Anexo 3 Evidencia fotográfica Visita Funvida.	74
Anexo 4 Evidencia Fotográfica visita Induguadua y Ecotableros	75

RESUMEN

En el presente trabajo de grado se determinó la factibilidad técnica y financiera de producir tablonos de alta densidad fabricados bajo el proceso de guadua laminada encolada que se conoce como (GLG). Como primera medida se determinaron las características que tienen los tablonos, con esta información se definieron sus usos, se evaluó la oportunidad de mercado en Colombia como un sustituto a las maderas tradicionales y su posible diferenciación frente a competidores. Se evaluó la disponibilidad de la materia prima con proveedores y se enumeraron los pasos para su producción, entre las operaciones se establecieron los tiempos de producción, las maquinas necesarias y los recursos que se necesitan determinando si técnicamente es posible su realización. Como fase final se calculó la tasa de oportunidad para un inversionista mediante el costo medio ponderado de capital, se establecieron las inversiones requeridas, los costos y los comparativos de precios de venta frente a productos sustitutos para evaluar la posibilidad del proyecto desde el punto de vista financiero.

Palabras claves: Guadua Laminada, Operaciones, Costos, Factibilidad Técnica, Factibilidad Financiera.

1 INTRODUCCIÓN

De acuerdo con (Salas, 2006) la guadua angustifolia es un bambú leñoso nativo de Colombia que ofrece muchos beneficios ambientales tales como:

- El aporte de Biomasa a los suelos es entre 2 y 4 ton/ha/año, la guadua puede ser clasificada como un pasto de gran altura pues puede alcanzar 30 metros de alto en dos años
- La producción es de 3 a 4 veces más biomasa por hectárea/año que una plantación maderera tradicional
- Regula los caudales de las cuencas de los ríos ya que almacena agua en el tallo (hasta 30.375 litros en una hectárea) que luego filtra y libera
- Capta y convierte CO₂ a oxígeno. La huella de carbono de siembra es positiva y su valor es de 186,42 t CO₂/ha (Arango, 2015)

La guadua es usada en el país como elemento artesanal y arquitectónico, en este último uso se destacan las construcciones realizadas por Simón Vélez, Marcelo Villegas y Andrés Baeppler quienes nos han representado internacionalmente.(Salas Delgado, 2006)

Por su parte China y Alemania, países referentes, han empleado el Bambú Moso como un elemento industrializado a partir de la aplicación de pegantes, presión y calor para la fabricación de madera laminada, le han denominado a este material WSB (Woven Strand Bambo), generando diversos usos comerciales como (Van Der Lugt, Van Den Dobbelsteen, & Janssen, 2006) quienes validaron su uso como un elemento estructural analizando el entorno su viabilidad económica.

En Colombia el desarrollo del GLG es lento. Solamente una empresa con la ayuda de la Universidad de los Andes y la Universidad Tecnológica de Pereira ha logrado lanzar un producto al mercado usando guadua laminada prensada, a baja presión de compactación y por lo tanto de baja densidad, este producto es similar a los primeros desarrollos generados por los chinos para alcanzar la densidad que tiene el WSB y que le permite ofrecer una cantidad mayor de usos comerciales.

Para aprovechar la guadua y sus beneficios se le debe dar un valor agregado mediante un proceso de industrialización, para generar un productos que atiendan las necesidades del mercado y permita su comercialización, pero para ello, se requiere realizar estudios que sirvan como guía a las empresas en los procesos de producción y evitar hacer inversiones a ciegas y reducir posibles riesgos, de ahí la importancia de realizar estudios de factibilidad que de acuerdo con (Pazos solarte, 2001) “son una herramienta que permiten evaluar una idea o proyecto antes de ejecutarlo para conocer si vale la pena su realización y si es posible realizarlo y/o continuarlo”, motivo por el cual el presente trabajo de grado, desarrolla el estudio de factibilidad técnica y financiera para la fabricación de tablones de GLG de alta densidad.

Siguiendo los lineamientos de (Pazos solarte, 2001) para realizar la factibilidad técnica y financiera se realizaron consultas a expertos, se usaron datos de proyectos similares, datos del sector, se analizaron las operaciones requeridas para fabricar GLG de alta densidad respondiendo a los principales interrogantes de una factibilidad técnica tales como:

- ¿Qué información se tiene sobre opciones técnicas del GLG de alta densidad?
- ¿Cuáles son las características y los requerimientos del GLG de alta densidad?
- ¿Hay disponibilidad de recursos para la fabricación del GLG de alta densidad?
- ¿Existe la experiencia y conocimiento para realizar GLG de alta densidad?

La factibilidad financiera del proyecto se enfocó a responder desde el punto de vista de rentabilidad, para atender fundamentalmente a la pregunta ¿Vale la pena fabricar GLG de alta densidad?

Para responder a esta y a los demás cuestionamientos se realizaron visitas de campo, entrevistas a gerentes y expertos en guadua, se evaluaron posibles usos a los tablones y maderas a sustituir de tal forma que se lograron identificar las opciones que afronta este producto en el mercado, realizando cálculos basados en las matemáticas financieras se determinó que bajo condiciones especiales es factible fabricar tablones en GLG de alta densidad.

2 CAPÍTULO I. Definición del Problema

2.1 Contexto del Problema

De acuerdo al estudio “Tendencias y Perspectivas del Sector Forestal en América Latina y Caribe 2020” (Organización de las Naciones Unidas (FAO), 2016) una de las fuerzas impulsoras de las economías en Latinoamérica es el sector maderero, el cual ha aumentado considerablemente su demanda a nivel mundial, esto ha originado una extensión en las áreas de plantaciones para explotaciones madereras y ha elevado las inversiones en tecnologías e investigaciones para mejorar la competitividad del continente. Dicho estudio también indica que dentro del sector maderero los tablones enchapados y/o constituidos proyectan para el año 2020 el mayor crecimiento, con un aumento en la demanda del 4% anual, gracias a sus características mecánicas y a la estandarización que tienen es el insumo preferido para las industrias del mercado de prefabricados mobiliarios. Estos tablones son realizados en Latinoamérica con Pino y Eucalipto, cuyos sembrados presentan poco aumento, y debido a la masiva explotación legal e ilegal se prevé escasez a mediano plazo incluso en países potencia en sembrados como Brasil.

El (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural [MDR],2007) ha publicado el estudio “Cadena Productiva Forestal Tableros Aglomerados Y Contrachapados Muebles Y Productos de Madera” en donde indica que Colombia tiene poco progreso en este sector en comparativa con otros países como Chile y Brasil, esto ha originado que empresas dedicadas a la fabricación de contrachapados no se desarrollen ya que los productores de muebles prefabricados prefieren importar tablones tipo MDF, productos tipo RTA (Ready to Assemble) y DIY (Do It Yourself) al país ya que no encuentran en Colombia materias primas que tengan un mayor valor agregado que les permita competir en los mercados de Europa y Japón en donde los consumidores buscan alta calidad, o materias primas para entrar al mercado americano en donde requieren diseños innovadores y bajos precios.

Con todo lo anterior se prevé que la demanda de muebles de madera seguirá creciendo, los productores necesitan nuevas materias primas para cumplir los requisitos de los consumidores, en diferentes países del mundo se buscan alternativas para cubrir las necesidades que este sector requiere por ello se han desarrollado productos sustitutos a la madera tales como:

- Compositos de aserrín y PET
- Madera plástica (W.P.C)
- Fibra de vidrio
- Tablones de cáñamo
- Tablones de Bambú
- Tablones de Soja

En un estudio realizado en la ciudad de Barranquilla (Pérez Olivera & Villalobos Toro, 2010) sobre la competitividad del sector madera y muebles se demostró que el sector de maderas de Colombia afronta una crisis debido a:

- Materiales compuestos y sustitutos a la madera
- Escasez de madera legal
- Mala calidad de las maderas para la producción de muebles
- No hay investigaciones a gran escala sobre productos sustitutos aplicados a la industria

Para evitar una crisis del sector muebles se debe orientar investigaciones hacia el desarrollo de productos sustitutos a la madera que puedan ser empleados por la industria del mueble tal y como ocurrió en China en donde lograron crear un desarrollo sostenible alrededor de la industria del bambú, fabricando tablones con fibras, esterillas o tablillas de bambú, como por ejemplo en el estudio de (Vogtländerr, Van Der Lugt, & Brezet, 2010) en donde se demuestra que los tablones fabricados con fibras de bambú son viables debido a que:

- Los productos en bambú tienen mejor relación ecosistema-costos que los realizados en maderas tropicales
- Los productos en bambú tienen mejor relación ecosistema-costos que los realizados en maderas suaves europeas
- La rentabilidad de los productos elaborados en bambú es mucho mayor que los que se elaboran de otros productos

De acuerdo a (Nugroho & Ando, 2000) el bambú tiene excelentes propiedades mecánicas, a tal punto que pueden construirse elementos estructurales usando su fibra como material compuesto con resinas fenólicas, para la industria china es una

materia prima invaluable ya que su crecimiento es bastante rápido en contraste con las maderas tradicionales.

El éxito del bambú en China ha empezado a generar interés en Colombia, por ejemplo, el arquitecto experto en aprovechamiento de la guadua Simón Vélez en una entrevista realizada para la Revista Semana del año 2013 (López, 2013), indica que la única oportunidad que tiene la guadua *Angustifolia* de sobrevivir es aprovechándola de forma industrial para la fabricación de tablonos contra enchapados, convirtiéndola en un sustituto a las maderas tradicionales.

Empresas como Eco tableros, Eco bambú, Funvida e Induguadua empezaron a experimentar con la guadua *angustifolia* y las diferentes formas de convertirlas en tablonos que puedan ofertar al mercado, en ese camino las universidades empezaron a interesarse y realizaron investigaciones orientadas a estos procesos, por ejemplo uno de los estudios más importantes para el desarrollo de productos alrededor de la guadua fue determinar la resistencia mecánica de los laminados de baja densidad en GLG por (Correal, Echeverry, Ramírez, & Yamín, 2014) en conjunto con Ecotableros donde se estima que un prensado de guadua de baja densidad 741 Kg/cm^2 tiene un comportamiento elástico y una resistencia a la tensión de 143 N/mm^2 que al ser comparado con las maderas tradicionales satisface las necesidades de los fabricantes de muebles, otro ejemplo es el cálculo del impacto ambiental de fabricar los laminados en GLG en Colombia donde se logró concluir que es mucho menor que el de otros productos madereros tal y como se evidencia en la investigación realizada por la Universidad Tecnológica de Pereira (Restrepo, Becerra, & Tibaquirá G., 2015).

2.2 Análisis y Justificación

Conversando con los representantes de empresas pioneras en la producción de enchapados con guadua en Colombia tales como: Fundación Escuela para la Vida (Funvida), Ecobambu, Tableros de Colombia, Induguadua, y Ecotableros. se pudo constatar que solo una de ellas continua en el mercado, Ecotableros es la única empresa vigente y para seguir en el mercado diversifico su portafolio comercializando muebles. Ecobambu, una empresa en el Valle del Cauca logró hacer el desarrollo de una prensa hidráulica para realizar prensados en frio y alcanzó a producir un prototipo de madera estructural pero debido a la falta de experiencia en el sector, desconocimiento de las materias primas y los costos no lograron sacar adelante su innovación, dejando una gran inversión en desarrollo tecnológico sin redimir. Otras empresas no lograron posicionarse como es el caso

de Induguadua quienes dejaron una gran inversión en maquinaria y en desarrollo tecnológico sin usar ya que no encontraron una viabilidad técnica ni económica en sus productos y prefirieron importar productos desde el mercado chino como pisos y tableros fabricados en WSB y exportar la guadua de buena calidad inmunizada al mercado americano. Caso similar ocurrió con La Fundación Escuela para la Vida (Funvida) quienes fabricaron una de las prensas más grandes del país (prensa hidráulica de 4500T (2 mil millones de pesos en desarrollo) con la cual lograron sacar algunos prensados en caliente de GLG de alta densidad usando procesos distintos a los usados por las demás empresas consultadas, pero a pesar de la elevada inversión en capital y tiempo tampoco salieron a competir en el mercado ya que les faltó un estudio de factibilidad que les brindara un camino para conocer el mercado y les faltó indagar las experiencias de otras empresas antes de realizar las inversiones que hicieron.

Con todo lo anterior se puede concluir que aunque hay una inquietud en los fabricantes de aglomerados colombianos y que existen algunas investigaciones que han realizado universidades sobre las bondades de los laminados en guadua, el país no cuenta con desarrollos de productos alrededor de la guadua laminada de alta densidad tales como vigas y tableros que puedan competir con los casos de éxito de china como el WBS (Woven Strand Bambo), faltan estudios de factibilidad en Colombia que permitan encontrar los puntos débiles en los procesos industriales, las oportunidades de negocio para el posicionamiento en el mercado de los productos y así buscar una rentabilidad a mediano y largo plazo de los productos que anteriormente han sido nombrados. De acuerdo con la información anterior se elaboró el siguiente diagrama causa efecto:

Tabla 1 Diagrama Causa efecto

Causas		Efectos
Desconocimiento del mercado Desconocimiento de las materias primas Desarrollos tecnológicos no aprovechados Investigación y desarrollo de productos que no salen al mercado Improvisación en el sector	Faltan análisis de factibilidad técnica y financiera sobre la fabricación de tableros en guadua laminada de alta densidad	Quiebra de proyectos Perdidas en capital y tiempo Poca competitividad del mercado Desconfianza en el sector

Nota: Elaboración propia con datos del sector.

Debido a que el GLG es relativamente nuevo en Colombia y teniendo en cuenta la información de los párrafos anteriores y los pocos resultados en las búsquedas en las bases de datos sobre tablonos de alta densidad en GLG en el país, se puede ver en la tabla anterior que el desconocimiento de: el mercado de laminados de guadua, de las materias primas que se deben usar, la improvisación de las empresas en el sector de la guadua es debido a que este es un sector emergente en el que faltan estudios de factibilidad para el aprovechamiento del GLG de alta densidad con lo que se genera quiebras de proyectos, pérdida de competitividad en el mercado y por ende desconfianza del mercado hacia estos desarrollos.

2.3 Formulación del Problema

Para evitar problemas financieros y de sostenibilidad de proyectos enfocados a la producción de productos sustitutos a las maderas tropicales en Colombia, mediante la fabricación de tablonos contrachapados de alta densidad usando Guadua laminada. Se requiere realizar análisis de factibilidad técnica y financiera que permitan evaluar si dichos proyectos pueden realizarse y si tienen las condiciones para estructurarse en el país. Por lo tanto, La pregunta que busca resolver el siguiente trabajo de grado es:

*¿Cuál es la viabilidad técnica y financiera de producir tablonos de alta densidad con la guadua *Angustifolia laminada*?*

El problema anterior puede dividirse en las siguientes preguntas:

- ¿Cuál es el material al que debe sustituir la guadua laminada de alta densidad?
- ¿Existe un mercado en el que el GLG de alta densidad pueda entrar a competir?
- ¿Pueden realizarse los procesos de producción de guadua laminada?
- ¿Existe disponibilidad de materias primas para los procesos?
- ¿Es viable realizar GLG de alta densidad de forma masiva?

3 CAPITULO II. Objetivos

Para resolver la pregunta problema se planteó el siguiente objetivo del proyecto:

3.1 Objetivo del Proyecto

Realizar un estudio de factibilidad técnica y financiera de la fabricación de tablonces de alta densidad producidos con guadua Angustifolia laminada.

Para resolver el objetivo del proyecto se plantearon los siguientes objetivos específicos.

3.2 Objetivos Específicos

- Detectar las oportunidades que tienen en el mercado los tableros contrachapados de alta densidad producidos con guadua angustifolia laminada
- Analizar los procesos de producción requeridos para la fabricación de tablonces contrachapados de alta densidad producidos con guadua angustifolia
- Realizar una evaluación financiera sobre el proceso de producción de tablonces contrachapados de alta densidad producidos con guadua angustifolia

3.3 Entregables

Para resolver el primer objetivo se realizaron los siguientes entregables.

- Descripción de las características de los tablonces de alta densidad
- Análisis de elementos sustitutos por los tablonces de alta densidad.
- Análisis de productos y precios de elementos sustitutos
- Definir un uso en el mercado de tablonces contrachapados de alta densidad con guadua angustifolia laminada

Para resolver el segundo objetivo se realizaron los siguientes entregables.

- Descripción general del proceso de producción.
- Análisis del proceso de fabricación de GLG de alta densidad.
- Determinación de la demanda máxima que puede ser cubierta en el proceso.
- Análisis de suministro de materias primas
- Descripción de los procesos de producción en GLG

- Diagrama de flujo de las operaciones
- Calculo de tiempo estándar de producción
- Calculo de máquinas y operarios

Para resolver el ultimo objetivo se realizaron los siguientes entregables.

- Análisis de costos fijos y variables
- Análisis de inversiones
- Determinación de la tasa de oportunidad por medio del WACC
- Análisis con valor presente neto.

4 CAPÍTULO III. Marco de Referencia

4.1 Antecedentes o Estudios Previos

Los productos realizados en madera no solo deben ser estéticos y resistentes, deben satisfacer la tendencia mundial hacia lo sustentable y sostenible, motivo por el cual en este proyecto se estudió la viabilidad de los prensados de guadua en alta densidad teniendo en cuenta los criterios de (Vicente, Fraz, & Moreira, 2018) quien indica que los factores en la innovación sostenible que se deben tener en cuenta:

Tabla 2 Factores en la innovación sostenible

Gerencia del producto	No aplica
Ventas del producto	Alargar el ciclo de vida del producto Atributos del producto (elemento diferenciador)
Desarrollo de características en el producto	Criterios del entorno (estetitca y tendencias)
Procesos de Producción del producto	Procesos "amigables" y sostenibles (evitar usar maderas tropicales) Resistencia del Material
Empaque del producto	No aplica
Compras de insumos para el producto	Evaluacion del proveedor (Selección) Análisis de materias primas

Fuente: (Vicente et al., 2018)

Para realizar la comparación de productos sustitutos se tuvo en cuenta la herramienta para la evaluación de la competencia propuesta por la (Organización para la cooperación y el desarrollo económicos[OCDE],2011.), la cual indica cómo debe realizarse un análisis de inteligencia de mercado teniendo en cuenta:

- Poder del mercado (OCDE,2011)
- Barreras de entrada (OCDE,2011)
- Evaluación de la competencia (OCDE,2011)

En el trabajo presentado por (Johana et al., 2017) se evaluó la factibilidad del montaje de una planta procesadora de productos de café, la metodología propuesta por el autor se tuvo en cuenta para evaluar la capacidad técnica, la factibilidad financiera de producir los tablones de guadua laminada de alta densidad aunque sean productos distintos, en dicha investigación se exponen detalladamente los pasos a seguir que pueden ser usados para el análisis de este trabajo de grado.

Se tuvieron en cuenta los datos suministrados por (Correal et al., 2014) en su investigación con Ecotableros donde se determinó el comportamiento mecánico de tablones de baja densidad.

4.2 Marco Teórico

De acuerdo con (Pazos solarte, 2001) los estudios de factibilidad técnica son estudios que permiten determinar si es viable o no producir un producto para eso en este trabajo de grado como primera medida detectaron oportunidades que tienen los tablones de alta densidad en guadua laminada, para ello se aplicaron los conceptos de mercadeo que cita (Germán & Muñoz, 2009) relacionándolos de la siguiente forma:

- **Producto:** Se debe hacer referencia a las características y atributos de los tablones de guadua laminada que los hacen distinto al resto del mercado
- **Precio:** En el estudio de factibilidad financiera se deben fijar precios de acuerdo con la política de la empresa y basados en la oferta y demanda que se espera al producto
- **Plaza:** El producto debe tener un mercado objetivo y un canal de distribución.

Para casos donde los conceptos anteriores no son suficientes para sacar al mercado un producto el mismo autor reconoce que las "4 P" pueden quedarse corto en ciertos análisis por lo que recomienda aplicar las necesidades del sector de acuerdo con el producto o al estudio que se realice como es el caso de la guadua laminada de alta densidad para ello se van a tener en cuenta:

- **Necesidades del Consumidor:** Se evaluó la demanda de productos madereros en el país.
- **Segmentación:** Determinar a qué nichos de mercado los tablones pueden ser competitivos

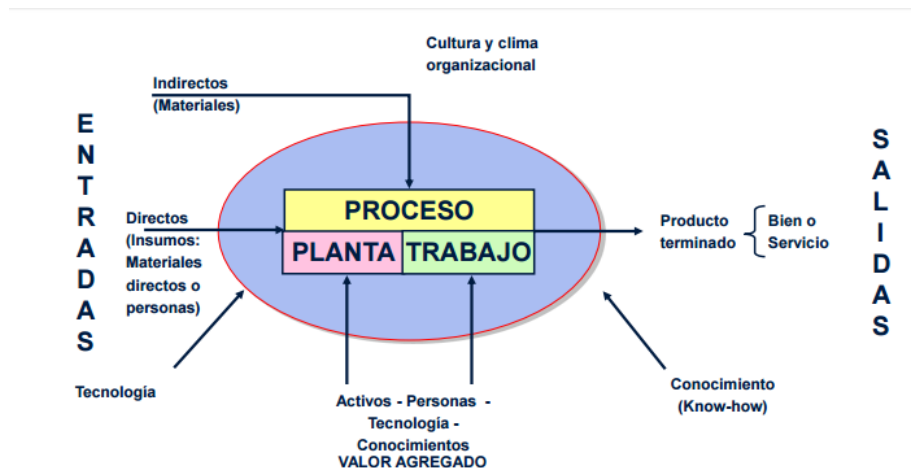
- Posicionamiento: Determinar qué características de los tabloneros de alta densidad en GLG pueden posicionarlos en el mercado.
- Actores del Mercado: Determinar quiénes intervienen en el mercado que se quiere penetrar.

Para determinar la viabilidad técnica de los tabloneros se debe tener en cuenta que la producción consiste en una secuencia de operaciones que transforman los materiales, haciendo que estos pasen de una forma dada a otra que se desea obtener (Caba, Chamorro, & Fontalvo, 2010) así mismo se aplicaron conceptos de la gerencia de operaciones y poniendo en práctica los cuatro objetivos que plantean los mismos autores en los procesos de producción del GLG de alta densidad

1. Servir y satisfacer las necesidades del cliente (externo)
2. Dar bienestar a los empleados (cliente interno)
3. Producir rendimiento a los inversionistas de la empresa
4. Cumplir su responsabilidad ante la comunidad

Para este trabajo de grado se tuvo en cuenta a (Garzón ,2016) quien indica que en la gerencia de operaciones se deben tener en cuenta los factores de la figura 1.

Figura 1 Diagrama básico Gerencia de Operaciones



Fuente: (Garzón ,2016)

De acuerdo a (Caba et al., 2010) para evaluar los procesos de producción se debe tener clasificar en :

- Producción por Stock (continúa o en serie)
- Producción por pedido (intermitente)

A continuación, se muestra en la tabla.3 las diferencias entre los tipos de producción.

Tabla 3 Diferencias entre los tipos de producción

Producción por stock	Producción por pedido
1. Alto volumen de demanda	1. Bajo volumen de demanda
2. Alta inversión en maquinaria y equipos en relación al uso.	2. Baja inversión en maquinaria y equipos en relación al uso.
3. Alta tasa de producción	3. Tasa de producción baja
4. Altos inventarios de materias primas y productos terminados.	4. Inventarios de materias primas y productos terminados bajos o no existen.
5. Artículos de volumen físico pequeño.	5. Gran volumen físico en su mayoría.
6. El costo unitario de producción es bajo.	6. Costo unitario de producción alto.
7. Precio unitario de venta bajo.	7. Precio unitario de venta alto.
8. Mano de obra especializada por tipo de operario.	8. Mano de obra corriente, pero versátil.
9. Procesos estandarizados.	9. No es posible la estandarización.
10. Distribución en planta por producto.	10. Distribución en planta por proceso.
11. Se basa en pronósticos de venta	11. No es posible hacer pronósticos en unidades.
12. Paradas largas en producción.	12. No existen paradas.
13. Equipo de manejo de materiales poco versátiles.	13. Equipo de manejo versátil, multiproductores.

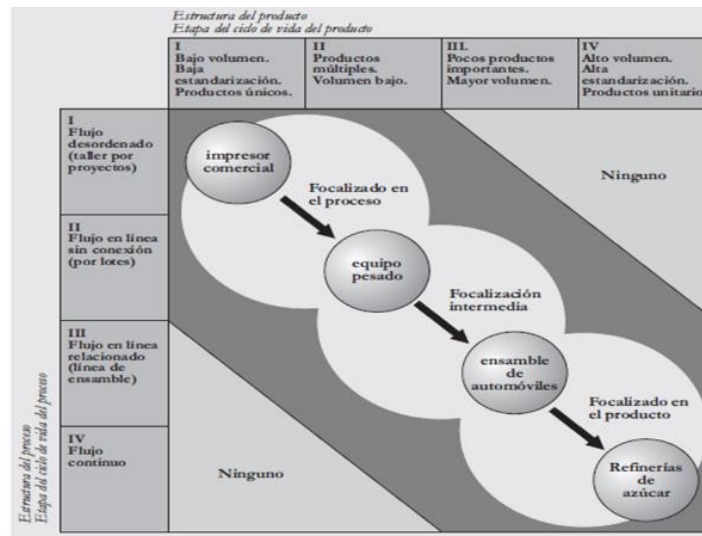
Fuente: (Caba et al., 2010)

El mismo autor(Caba et al., 2010) nos indica que:

La planeación de la producción: en esta función se mide la cantidad de recursos necesarios para cumplir con los acuerdos pactados en la fase de planeación estratégica de la empresa (un tiempo no inferior a un año) y debe ser consistente con la misión y la visión. Incluye también la determinación de los niveles de capacidad de las instalaciones productivas, el dimensionamiento de la fuerza de trabajo y las cantidades gruesas (brutas) de los materiales más importantes. Todo esto avala el hecho de por qué no es conveniente hacer planes en períodos más cortos. Ajustar y negociar compras globales de materiales o adquirir nuevas instalaciones no son decisiones de la noche a la mañana.

De acuerdo con el autor para hacer el diagnóstico y el diseño de la producción se debe tener en cuenta la Matriz Proceso vs Producto que se muestra en la siguiente figura.

Figura 2 Matriz Producto VS Proceso



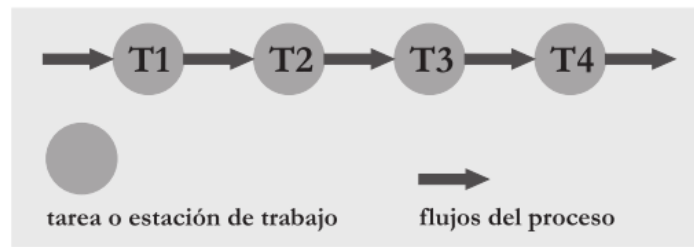
Fuente: Carro Paz y González Gómez

Para evaluar la factibilidad técnica se debe tener claro cuáles son los tipos de procesos de acuerdo con el proceso de producción que el producto requiere para su fabricación, el autor los clasifica de la siguiente forma:

- Proceso en línea
- Proceso intermitente
- Proceso por proyecto

El proceso correspondiente al GLG de alta densidad clasifica dentro de los procesos de producción en línea por lo tanto cumple con la figura 4-3

Figura 3 Proceso en línea



Fuente: Carro Paz y González Gómez

Se determinaron los tiempos y la producción de GLG se teniendo en cuenta los conceptos de los estudios de métodos y tiempos los cuales de acuerdo a (Salazar, 2014) son herramientas para el aumento de la productividad

Por ultimo para evaluar la factibilidad financiera se usó el concepto de WACC el cual en español es el promedio ponderado entre el costo de los inversionistas y el costo de la deuda por su fracción teniendo en cuenta los impuestos de esta para determinar la tasa de oportunidad de una inversión (Pablo, 2011) para calcularlo se debe usar la siguiente expresión:

$$WACC = K_e(1 - r_D) + K_D r_D(1 - T) \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

$$K_e = R_f + (R_m - R_f)B \quad \text{Ecuación 2}$$

$$B = B_0 \left(1 + \frac{r_D}{1 - r_D}(1 - T)\right) \quad \text{Ecuación 3}$$

Ke: Rentabilidad de los Fondos Propios

Kd: Rentabilidad de la Deuda Financiera

Rf: Rentabilidad libre de riesgo

T: Tasa impositiva

Para determinar si es factible realizar una inversión para fabricar GLG de alta densidad se tuvo en cuenta a (Ursina, 2007) el valor presente neto (VPN) significa

traer del futuro los flujos que está en el futuro con una tasa de descuento para compararlos y definir si es rentable o no realizar un proyecto.

$$VPN = -p + \frac{FNE1}{(1+i)^1} + \frac{FNE2}{(1+i)^2} + \frac{FNE_n}{(1+i)^n} \text{ Ecuación 4 (Ursina, 2007)}$$

Donde:

FNE" = flujo neto de efectivo del año n, que corresponde a la ganancia neta después de impuestos en el año n.

p = inversión inicial en el año cero.

i= tasa de referencia que corresponde a la TMAR.

Si el VPN es mayor que cero el proyecto es rentable (VPN>0)

Si el VPN es menor que cero el proyecto no es rentable (VPN<0)

La tasa que convierte el valor presente neto se convierte en cero es la TIR

En este caso nos indica que el criterio de decisión es:

Si TIR es mayor que TMAR, el proyecto es rentable

Si TIR es menor que TMAR el proyecto no es rentable

4.3 Aporte Crítico

La guadua es una planta que ofrece muchos beneficios para el país es capaz de regular ríos, transformar dióxido de Carbono pero que tiene poco valor comercial por lo tanto los campesinos prefieren no sembrarla, la guadua sobrevive gracias a las legislaciones actuales, por lo tanto industrializarla es una de las formas de fomentar sus cultivos es por ello que Simón Vélez, Marcelo Villegas y Andrés Baeppler entre otros han intentado generar proyectos en esa dirección, el GLG es una tecnología reciente en el país y como se puede evidenciar en este trabajo ya hay aportes académicos desde las universidades que aprovechan en la industria tal y como es el caso de Ecotableros y Muebles Velázquez, con este documento se pretende seguir ese camino, que las universidades brinden conocimiento

aprovechable para las empresas, desde el espacio académico que brinda la universidad Icesi se quiere aportar un estudio de factibilidad que le permita a quienes quieren industrializar la guadua una base que aporte información necesaria para hacerlo.

Con tristeza y decepción se ve como proyectos sociales han fracasado, como grandes desarrollos tecnológicos terminan abandonados, debido a que quienes invierten capitales en el desarrollo de productos de guadua laminada no tienen claras las oportunidades que estos pueden tener en el mercado además del desconocimiento de las maquinarias y los procesos que se requieren esto ocasiona que no tengan bases para saber si este tipo de inversiones son rentables o no, con este trabajo de grado pretendo aportar un grano de arena para que esto no ocurra, generar un punto de referencia para aquellos emprendedores que quieren entrar en el negocio de la Guadua.

Este documento es un primer paso para impulsar el desarrollo de los laminados de alta densidad con guadua angustifolia en el país, sirve para generar proyectos que permitan darle valor comercial a la guadua incentivando así su siembra y por ende mejorando la calidad del aire y agua en el país, además de la generación de empleos.

5 CAPÍTULO IV. Metodología

5.1 Metodologías de Análisis

Este trabajo de grado es una investigación aplicada, ya que lo que se pretende es usar los conocimientos de las teorías y conocimientos de los cursos de la maestría en ingeniería industriales tales como: Gestión Estratégica, Gerencia de Operaciones, Análisis Cuantitativo, Ingeniería Económica. en un estudio exploratorio que busca determinar la factibilidad técnica y financiera de producir vigas estructurales de G.L.G.

Para realizar el trabajo de grado se usó una metodología por fases, ya que hasta que no se cumplieron las actividades de un objetivo no se avanzó al siguiente ya que cada resultado de la investigación sirvió como alimento a la siguiente.

Para resolver el objetivo: Detectar las oportunidades que tienen los tablones contrachapados de alta densidad producidos con guadua angustifolia laminada, se realizaron las siguientes actividades:

- Descripción de las características de los tablones de alta densidad:
 - Se determinaron las Características, propiedades mecánicas, calidad, tamaños, prestaciones mediante consulta bibliográfica en base de datos y visitas a Induguadua, Ecobambu y Funvida.
- Análisis de elementos sustitutos por los tablones de alta densidad.
 - Se determinaron los elementos sustitutos en el mercado nacional e internacional para la guadua mediante una comparación con maderas comerciales en cuanto a: resistencia mecánica, costos, usos y periodos de crecimiento.
 - Se definieron usos para los tablones de alta densidad mediante un comparativo de aplicaciones que tienen maderas a remplazar con el GLG y juicio de experto.
- Para el Análisis de Productos y Precios de elementos sustitutos se consultaron empresas comercializadoras de maderas como Madecentro y Homecenter sobre los precios de productos que pueden ser sustituidos.
- Definir un uso en el mercado de tablones contrachapados de alta densidad con guadua angustifolia laminada

Para resolver el objetivo: Analizar los procesos de producción requeridos para la fabricación de tablonc contrachapados de alta densidad producidos con guadua angustifolia, se realizaron los siguientes entregables:

- Descripción general del proceso de producción: Se realizaron consultas en bases de datos sobre investigaciones orientadas en este sentido, se realizaron visitas de campo a Funvida, Ecotableros y Ecobambú para observar los procesos de producción.
- Análisis del proceso de fabricación de GLG de alta densidad. Se consulto con el gerente de Funvida los procesos de producción y se verifico mediante visita a planta de producción en un ensayo de fabricación de GLG de alta densidad.
- Determinación de la demanda máxima que puede ser cubierta en el proceso: Se evaluaron los limitantes que puede tener una producción de tablonc analizando información provista por funvida y consulta a expertos.
- Análisis de suministro de materias primas.se realizo visita a Induguadua y se realizó una búsqueda de información sobre sembrados de guadua y usos de la guadua en el país.
- Diagrama de flujo de las operaciones, cálculo de tiempo estándar de producción, cálculo de máquinas y operarios: se analizó la información prevista por funvida, se realizaron visitas de campo y se conversó con gerentes de producción y operarios para realizar cálculos de máquinas y hombres.

Para resolver el siguiente objetivo: Realizar una evaluación financiera sobre el proceso de producción de tablonc contrachapados de alta densidad producidos con guadua angustifolia, se realizaron las siguientes actividades:

- Análisis de costos fijos y variables: se analizó la información recibida por Funvida y se complementaron con la información arrojada en los análisis del objetivo anterior.
- Análisis de inversiones: Se analizó la información brindada por funvida y se complementó con consulta a expertos.
- Determinación del W.A.C. Se consulto a un experto en el tema y se realizó búsqueda de información en bases de datos oficiales para realizar su cálculo.
- Análisis de V.P.N: Se calculó el valor presente neto contrastando precio de venta del GLG de alta densidad, tasa de oportunidad y periodo de recuperación de la inversión.

5.1.1 Recolección y análisis de datos

Para resolver la pregunta problema, en esta investigación se usaron las fuentes primarias y secundarias para el levantamiento de la información.

Las fuentes primarias que se usaron son las siguientes

- Documentos originales
- Entrevistas a Gerentes, encargados de producción y operarios del sector guadua y madera
- Visitas de campo a las empresas del sector Guadua y madera (Ecotableros, Funvida, Induguadua, IETI Antonio José Camacho, SENA. Universidad del Valle, Fundación Universitaria Lumen Gentium
- Apuntes de investigación
- Publicaciones de la base de datos de la Universidad ICESI

Las fuentes secundarias que se usaron en este proyecto son:

- Enciclopedias
- Resúmenes de revistas

De las fuentes anteriores se especifican las más usadas para la investigación.

- Salidas de campo: Visitas a empresas que trabajen el GLG en Colombia para conocer sus procesos productivos
- Entrevistas cualitativas a los mandos altos y medios de empresas del sector.
- Investigación observacional, recolectar datos a través de la observación de los fenómenos directamente

6 TÍTULO V. Resultados

6.1 Detectar las oportunidades que tienen los tablonos contrachapados de alta densidad producidos con guadua angustifolia laminada

Descripción de las características de la guadua laminada de alta densidad:

6.1.1 Producto básico

El producto básico que se estudió en este trabajo de grado es un tablón elaborado con fibras de guadua Angustifolia y un aglutinante fenólico prensado a alta presión

6.1.2 Características

Las características de los tablonos fabricados en GLG de alta densidad son:

- Acabados únicos, cada tablón tiene sus propias vetas que hacen atractivo el producto final en el que van a ser usado, esto lo hace llamativo para los arquitectos y diseñadores
- Longitud y ancho variables (longitud máxima 6m, ancho máximo 0,65m), esto se traduce en flexibilidad para los productores de muebles y elementos estructurales
- Espesor de 5 cm, este espesor se asemeja a los típicos de las materias primas en el sector de la madera y que son usados generalmente en la industria
- Tablón de Alta densidad lo que se traduce en mayor compactación del producto y por ende mayor resistencia mecánica
- Versatilidad en el uso: puede usarse como materia prima en la fabricación de muebles y elementos estructurales

6.1.3 Propiedades mecánicas

Los tablonos de alta densidad son originarios de China, quienes en los últimos años los han desarrollado y son conocidos en el mercado como WBS (Woven Strand Bambú), son fabricados con bambú Mosso y de acuerdo a (Kumar et al., 2016) la resistencia mecánica de estos prensados dependen de la densidad a la que son fabricados tal y como se muestra en la tabla 5.

Tabla 4 Densidad vs Resistencia WBS

Densidad	Resistencia
Kg/m ³	MPa
1215 +/- 10	144,75
1127 +/- 10	115,5
1054 +/- 10	111

Fuente: Elaboración propia con datos de (Kumar et al., 2016).

Como se puede ver a medida que aumenta la densidad del producto aumenta la resistencia mecánica.

Debido a que faltan estudios en el país sobre las propiedades mecánicas de los tablones fabricados con guadua de alta densidad en este estudio de factibilidad se van a tomar los datos de la tabla 5 como valores conservativos y de referencia para la descripción del producto. Al no tener datos específicos para comparar la resistencia entre los laminados chinos y los posibles laminados colombianos de alta densidad lo primero que se analizó fue la diferencia en la resistencia mecánica de las materias primas de las cuales depende la resistencia del prensado, es decir a mayor resistencia de la materia prima, mayor es la resistencia del producto, en los estudios presentados por (Dixon et al., 2015) se realizó un comparativo de las propiedades mecánicas entre los bambús usados en China (Mosso y Tre Gai bambú) y la guadua *Angustifolia* en donde se indicó que esta última tiene mejores propiedades mecánicas que los otros especímenes de la investigación, por lo tanto se puede inferir que los laminados colombianos que se realicen a la misma densidad que los chinos van a tener mejores propiedades mecánicas.

6.1.4 Calidad

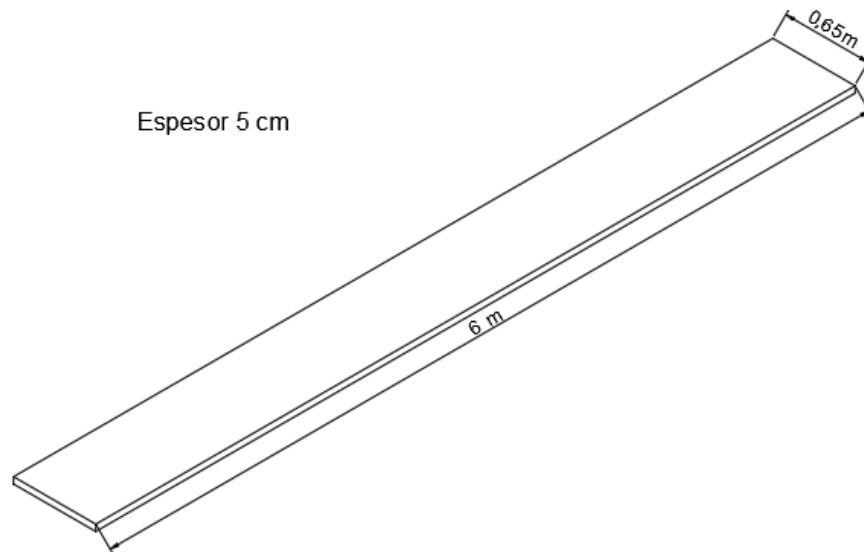
En comparación con los tablones fabricados con baja densidad, los de alta densidad ofrecen mayor resistencia mecánica, con el proceso de producción se asegura una continuidad interna que los hace propicios para ser usados en aplicaciones de alta carga.

Con la estandarización de procesos se puede lograr una estabilidad dimensional además el producto se puede ofrecer en dimensiones de hasta 6 m.

6.1.5 Tamaños

Las medidas de los tablones que se van a estudiar en este proyecto pueden variar dependiendo del cliente, se pueden lograr varias configuraciones con distintas longitudes y anchos dependiendo de las necesidades del mercado, en la figura 4 se muestran las dimensiones máximas que se pueden ofrecer.

Figura 4 Dimensiones del tablón



Fuente: Elaboración propia

6.1.6 Usos de los Tablones

De acuerdo a (H. Hajiha and M.Sain, 2015) los tablones estructurales de bambú pueden ser usados como materia prima para muebles, para la construcción de viviendas de todo tipo, tuberías para polvos e incluso como aletas en ventiladores industriales.

A diferencia de los tablones de baja densidad, los de alta pueden usarse como elementos estructurales gracias a su resistencia mecánica, tienen una durabilidad elevada y pueden usarse en la intemperie.

6.1.7 Análisis de elementos sustitutos

Elementos sustitutos en el mercado local e internacional

Para encontrar las oportunidades del GLG de alta densidad se realizó el análisis de elementos a los cuales puede llegar a sustituir, lo primero que se realizó fue una búsqueda de productos que tengan características y prestaciones en común con los tablonos de alta densidad en GLG para determinar si puede competir en esos mercados de acuerdo con sus propiedades mecánicas.

Buscando en las bases de datos de materiales se puede apreciar que en el mercado existen los siguientes posibles productos que pueden ser sustituidos con el GLG de alta densidad, a continuación, en la tabla 6 se realizó un comparativo entre los principales competidores a los tablonos de GLG alta densidad.

Tabla 5 Comparativo de propiedades con productos sustitutos

Producto	Densidad (Kg/m ³)	Modulo elasticidad (Kg/cm ²)	Limite Elastico(Kg/cm ²)	Aplicación
Tablero de Pino Oregon	540	128000	860	Tabiquerías, envidados, estructuras y diversas aplicaciones en la construcción y carpintería.
Tableros de TECA		108170	1005	Material estructural para poca carga Material para muebles
Madera plastica	1050	22474,55	579	Material para muebles
Acero 1020	7850	2039432	3772,95	Material estructural
Aluminio	2700	73420	560	Material estructural
PRFV	18000	203943	900	Material para muebles y estructural
MDF	620	21863	179	Material para muebles y prefabricados
Mangle Rojo	12000	173000	632	Madera Estructural
Abarco	96000	132000	575	Madera Estructural
WBS (valor de referencia)	1215	122365	1468	Estructural y Muebles

Fuente: Elaboración propia con datos de bases de datos de materiales

6.1.8 Definición de usos para los tablonos de GLG de alta densidad

Con la tabla anterior se puede definir dos usos principales al GLG de alta densidad

- Material Insumo para prefabricados: Tiene propiedades mecánicas superiores al MDF la madera plástica e incluso tablonos de teca y pino

Usando como valor de referencia las propiedades del WBS de alta densidad (Descripción de las características del producto) se puede ver que el producto puede sustituir maderas similares al Teca, el pino y el MDF en sus mercados ya que aunque su densidad es mucho mayor que la de sus competidores su límite elástico también es mayor que sus competidores, además de acuerdo a (Restrepo et al., 2015) el GIG tiene a su favor que la huella de carbono es baja lo cual desde el punto de vista de los consumidores podría situarse como una ventaja competitiva al promocionarse como una materia prima más ambiental para la fabricación de productos “verdes”.

- Material Estructural: El GIG de alta densidad tiene propiedades mecánicas que le pueden permitir competir en el mercado con el aluminio y el PRFV

En china, el WBS se comercializa como alternativa a los elementos tradicionales de construcción como el Aluminio, el acero y las vigas de madera, en la tabla se observa cómo sus propiedades mecánicas pueden competir con el acero 1020, el aluminio y los plásticos reforzados con fibra de vidrio, pero de nuevo basándose en la comparación de huella de carbono, el GLG de alta densidad es una alternativa más ambiental.

Sus principales competidores en el sector de maderas estructurales en Colombia son el mangle rojo y el abarco, pero estas especies se encuentran muy reguladas ya que de acuerdo con el ministerio del medio ambiente son la base de sus ecosistemas.

6.1.9 Análisis de productos y precios de elementos a sustituir

6.1.9.1 Tiempos de crecimiento y aprovechamiento

Una de las ventajas de la guadua *Angustifolia* es su periodo de crecimiento (Salas, 2006) ya que es aprovechable desde el primer año. Para ser comercializado como un producto ambiental el periodo de crecimiento y el rendimiento son aspectos importantes, de acuerdo con el (Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MinAgricultura), 2017) se presenta el rendimiento por hectárea anual de especies en Colombia a los que el GLG de alta densidad puede llegar a competir.

Tabla 6 Rendimiento por hectáreas de especies en Colombia

Nombre Científico	Nombre Común	Rendimiento (m ³ /ha/año)	Turno en años
<i>Eucalyptus grandis</i>	Eucalipto	25 – 40	8
<i>Acacia magnium</i>	Acacia	26 – 30	12
<i>Bombacopsis quinata</i>	Ceiba Tolua	< 18	> 20
<i>Cordia alliodora</i>	Nogal Cafetero	8 – 20	20
<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto	15 – 35	8 – 12
<i>Gmelina arborea</i>	Gmelina	20 – 25	10 – 14
<i>Eucalytus pellita</i>	Eucalipto	15 – 20	12
<i>Eucalytus tereticornis</i>	Eucalipto	20	8-12
<i>Tectona grandis</i>	Teca	7 – 10	25 – 28
<i>Cariniana pyrifomis</i>	Abarco	7	20

Fuente: (MinAgricultura, 2017)

Como se puede ver en la tabla7 el turno en años para la explotación de estos recursos son como mínimo 8 años incluso la Teca y el Abarco tienen tiempos de 20 años que al compararlos con la guadua resultan mucho mayores, esto brinda una ventaja a los laminados en GLG ya que la materia prima a partir del primer año puede ser aprovechable.

6.1.9.2 Demanda productos sustitutos

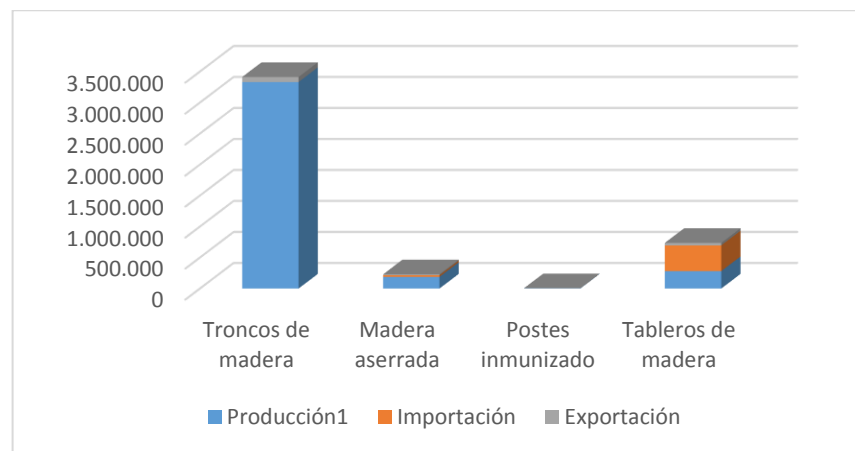
De acuerdo con el mismo informe (MinAgricultura, 2017) la balanza comercial de este sector ha estado desequilibrada desde el 2012 hasta el 2017, por ejemplo en dicho año las importaciones llegaron a 189.000 toneladas de madera mientras que las exportaciones solo alcanzaron las 21.000 toneladas, es decir que hay más importaciones que exportaciones lo cual tiene consecuencias negativas al país, esto se debe al insipiente progreso del sector madera. El GLG de alta densidad puede ser una alternativa para ayudar a balancear los datos entrando al mercado como un sustituto de las maderas tradicionales en el sector y así importar menos maderas al país, en los próximos años.

El sector de maderas que más importaciones tuvo en el 2017 fue el de tablóness de partículas y de fibra de madera, entre los dos configuran el 81% de las importaciones expresadas en unidades físicas en el país, en cuanto a las exportaciones los principales destinos de los muebles de madera colombiana son: Panamá, Estados Unidos, Chile y México. Esto confirma una vez más que existe

una oportunidad para el GLG de alta densidad, por lo tanto si existe un mercado para el GLG de alta densidad.

En el 2013 fue presentada la demanda de los enchapados en el país por el (Departamento Administrativo Nacional de Estadística Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales (DANE), 2013) en un informe en donde se indicó que en el año 2010 el país consumió aproximadamente 569.091m³ de tableros enchapados y de acuerdo al mismo informe se tuvo en cuenta un crecimiento esperado del sector del 6,8% desde el 2010 al 2016 por lo tanto la demanda de los contra enchapados debió ser de 959073m³, esto indica una oportunidad para los tableros de GLG de alta densidad por su demanda en aumento. En la figura 5 se aprecia la demanda de madera por sector y la procedencia de esta por unidades físicas.

Figura 5 Consumo de madera en Colombia y procedencia



Fuente: (MinAgricultura, 2017)

De acuerdo con las secciones anteriores el GLG de alta densidad tiene oportunidades de entrar como un sustituto en dos mercados principalmente:

- Mercado de muebles y prefabricados
- Mercado de elementos estructurales

6.1.10 Oportunidades del GLG como sustituto

6.1.10.1 Oportunidades del GLG en el mercado de muebles y prefabricados

Para corroborar la información anterior y realizar un análisis sobre un posible uso del GLG como sustituto en el mercado de muebles y prefabricados se consultó con el experto en aprovechamiento de maderas José Alberto Giraldo (empresario del sector y docente de la especialidad de ebanistería del IETI Antonio José Camacho por más de 30 años) quien indica que en este sector las oportunidades no son tan altas debido a la densidad y la dureza del material de este producto (peso y maquinabilidad), además que se requeriría diseños específicos aunque gracias a la estética que puede brindar las vetas puede competir con el Cedro, la Teca y el Granadillo en la fabricación de puertas, mesones y pisos en arquitecturas de alto costo.

El experto indica que en el sector de prefabricados de mediana densidad el GLG de baja y mediana densidad pueden ser sustitutos ya que el MDF que se adquiere en Colombia no tiene buena resistencia a la humedad mientras que la Guadua laminada no presenta ese mismo problema, el GLG de alta densidad podría entrar a competir en este mercado siempre y cuando se pueda ofrecer espesores de 30mm, 36mm y 40mm que comúnmente se utilizan como refuerzos en la fabricación de las estructuras de los prefabricados y solo se comercializan bajo pedidos.

El GLG de alta densidad puede ser un competidor aceptado por los productores de prefabricados ya que a diferencia de sus competidores tiene un componente ambiental que lo acompaña en cuanto al desarrollo de productos sostenibles, además el GLG presenta unos acabados naturales que son apetecidos por los consumidores.

6.1.10.2 Oportunidades del GLG como sustituto en el mercado estructural

De acuerdo con las entrevistas al gerente de Induguadua (Francisco Ceballos) y a José Alberto Giraldo el GLG de alta densidad tiene una gran oportunidad en el mercado estructural ya que sus principales competidores en el país se encuentran vedados, además si se comparan ciclos de crecimiento y maduración el GLG toma una gran ventaja versus las maderas tradicionales (1 año de crecimiento vs periodos de 8 a 20 años dependiendo de la madera a sustituir). (MinAgricultura, 2017)

En el mismo sector los elementos tradicionales están muy consolidados en el mercado, el aluminio, el acero y el concreto son una alternativa económica y

confiable, por otro lado el GLG de nuevo puede entrar en ese mercado si se promociona como un producto ambiental ya que como se ha demostrado en (Restrepo et al., 2015) el GLG es el producto estructural de menor huella de carbono.

En el mercado estructural podría usarse como vigas, columnas, pisos y paredes estructurales tal y como se usa el WBS de alta densidad en China, para los arquitectos en Colombia podría funcionar en obras de construcción en donde la estética juegue un papel importante.

En el mercado internacional las vigas de madera, aluminio, hierro y acero ya están estandarizadas y si el GLG de alta densidad quiere entrar en estos mercados deberá ofrecer las dimensiones de ese sector.

De acuerdo con lo anterior se elaboró la siguiente tabla donde se muestran las oportunidades en donde el GLG de alta densidad puede entrar al mercado con sus posibles usos como materia prima, productos donde usarse y la presentación comercial.

Tabla 7 Usos potenciales del GLG

USO	Productos donde usarse	Presentación
Insumo como madera en la construcción de muebles	Asientos, sillones, mesas camas	Tableros, Listones
Insumo para fabricación de pisos, cocinas y puertas	Mezones, Puertas macizas, pisos.	Tablones
Insumo para prefabricados	Muebles prefabricados	espesores 3cm-5cm
Vigas Estructurales	Construcción de viviendas y plantas industriales	Vigas de distintas dimensiones
Tablon Estructural	Construcción de viviendas y plantas industriales	Tablones con espesores 3cm-5cm

Fuente: Elaboración propia.

6.1.10.3 Análisis de precios de productos a sustituir

Colombia no tiene una base de datos de precios de madera (MinAgricultura, 2017) por lo que se realizó una consulta de precios con los distribuidores finales de maderas en Santiago de Cali tales como:

- Homecenter
- Madecentro
- Mundo Maderas

Se revisaron las distintas presentaciones de las maderas que se han detectado como posibles opciones a sustituir con la guadua laminada de alta densidad y se elaboró la siguiente tabla:

Tabla 8 Precio de maderas a sustituir

Precio de maderas tradicionales por m ³		
MADERA	Volumen comercial	Pesos/m ³
Teca	0,00113	\$ 12.257.495,59
Pino	0,03018	\$ 2.482.104,98
Abarco	0,02285	\$ 2.446.389,50
Cativo	0,03538	\$ 901.624,71
MDF araucoo	0,05358	\$ 1.123.503,24

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 9 se visualiza que la Teca es una de las maderas más costosas del país y esto representa una oportunidad para el GLG de alta densidad ya que sus periodos de crecimiento son menores y tiene usos similares.

Maderas como el Arauco y el Cativo tienen un valor al público muy bajo y por lo tanto en ese mercado no debería entrar a competir el GLG de alta densidad, pues se debe tener en cuenta las relaciones entre masas para lograr una misma resistencia.

De acuerdo a (Velazquez Velazquez Elizabeth, 2012) y lo observado en las visitas de campo el GLG de alta densidad puede ser comercializado de dos formas:

- Fabricante del GLG directamente al fabricante de Mobiliario
- Fabricante del GLG a un minorista y este al consumidor,

6.2 Analizar los procesos de producción requeridos para la fabricación de tablonc contrachapados de alta densidad producidos con guadua angustifolia

6.2.1 Descripción del proceso general para producir GLG

Se investigo el modelo de producción de GLG que usan las empresas que han empezado a producirlo, para ello se realizaron visitas de campo a las instalaciones de Ecotableros, Funvida e Induguadua donde se pudo observar directamente los procesos que estas empresas usan, también se tuvo en cuenta el trabajo de grado (Galvis & Rodríguez, 2007) y la publicación de (Restrepo et al., 2015) para realizar la figura 9 donde se resume el proceso de fabricación de GIG por etapas.

Figura 6 Proceso de producción de GLG



Fuente: (Restrepo et al., 2015)

El proceso anterior está dividido por etapas las cuales se describen a continuación:

6.2.1.1 Latillado ó esterillado

Para la fabricación de tablonc de GLG de mediana densidad las empresas deben decidir si usar latillas o esterillas de guadua dependiendo del producto final que van a fabricar, si el producto final que se requiere es de baja densidad la esterilla funciona bien, pero si se requiere mayor homogeneidad del producto final se recomienda el uso de latillas pequeñas, en la figura 7 se puede observar la diferencia entre ellas.

Figura 7 Latilla (lado izquierdo) y Esterilla (lado derecho) De Guadua



Fuente: Elaboración propia

6.2.1.2 Inmunizado o preservado y secado

Para evitar que el producto final adquiera hongos o gorgojos se deben ejecutar procesos de inmunizado o preservado:

Preservado: Busca hacer que la guadua no sea atractiva para los microorganismos, por medio del autoclave se aplica presión y vapor para hacer una extracción de los azúcares de la guadua, es un proceso costoso pero es requerido en aplicaciones donde se debe asegurar un bajo impacto ambiental ya que no usa venenos.

Inmunizado: Para evitar los microorganismos que descomponen y atacan la guadua, esta es sumergida en piscinas con químicos (Borax, ácido bórico, sulfato de cobre y H₂O) que envenenan la guadua y la protege.

Secado: Para controlar el contenido de la humedad que tienen las esterillas (aproximadamente humedad ambiente) se extraen del proceso de inmunizado y se acomodan en bandejas espaciadas en un cuarto caliente cuya temperatura es programada para llegar a un punto de contenido de humedad especificado por la empresa en un tiempo establecido, generalmente este punto de humedad es del 7% al 11%.

6.2.1.3 Moldeado

Las esterillas o tablillas que han sido inmunizadas y secadas se les aplica un aglutinante el cual es el encargado de realizar la cohesión del tablón, el pegante y su forma de aplicación varía de acuerdo con la empresa.

Las esterillas o tablillas con pegante deben ser “acomodadas” en un molde cuyas dimensiones varían de acuerdo con el producto final y la densidad que se quiere lograr.

6.2.1.4 Prensado y Curado

Una vez estén armados los moldes con las latillas o esterillas de guadua estos se introducen en una prensa para ser compactados y curados, el proceso de curado puede ocurrir en la misma prensa en cuyo caso se denomina prensado en caliente o ser externo a la prensa el cual corresponde al prensado en frío.

6.2.1.5 Desmoldado y acabado final

Después del proceso de prensado y curado los tablonos se deben enfriar y de acuerdo con las especificaciones del producto final y la empresa se realizan cortes, pulidos y barnizado del producto final.

6.2.2 Análisis inicial de la fabricación de GLG de alta densidad

Con el análisis anterior y de acuerdo a (Vogtländerr et al., 2010) y (Kumar et al., 2016) se puede inferir que entre mayor densidad del producto final, más desfibrada debe estar la guadua, por lo tanto a diferencia del GLG de baja y media densidad el proceso de producción de alta densidad no trabaja con latillas ni esterillas si no que requiere desfibrar la guadua para poder usar mayores presiones de compactación y lograr la densidad deseada.

Para cumplir con los usos del producto que fueron establecidos en la sección 5.1 el tablón debe tener como mínimo un espesor de 5 cm, y para poder ser competitivos en el sector estructural se deben tener longitudes de 3 y 6 metros, además teniendo en cuenta el proyecto de grado de (Castañeda Peñaranda & Valencia, 2013) en la cual se realizó el diseño de una prensa calefactora para producción de GLG de alta densidad y donde se recomienda una relación de compactación de 5 a 1 para lograr

la alta densidad en el prensado, por lo tanto la cantidad de guadua requerida para fabricar un tablón puede ser calculada relacionando la densidad deseada ($1200\text{Kg}/\text{m}^3$) con el volumen y masa del proceso.

El volumen de los tablonos es calculado teniendo en cuenta las dimensiones de los moldes que van a ser ingresados a la prensa donde se van a fabricar los tablonos.

- Longitud 6m
- Ancho 0,65m
- Espesor 0,05 m

Con los datos anteriores y conociendo la densidad se elabora la tabla 10.

Tabla 9 Volumen, densidad y masa del tablón

Densidad	1200	kg/m^3
Volumen	0,195	m^3
Masa	234	kg

Fuente: Elaboración propia datos de Funvida.

La masa del tablón debe ser una mezcla de 234 Kg de fibra con aglutinante.

El aglutinante que se utiliza para aglomerados estructurales es el Fenol Formaldehido y de acuerdo a las entrevistas realizadas al gerente de Funvida y al técnico encargado de la producción en Ecotableros la relación de pegante que generalmente se usa es de un 5% a un 10% por lo tanto la cantidad de Fenol por tablero puede variar entre 34 y 17 Kg mientras que la cantidad de guadua puede variar entre 200kg y 217kg por tablón, estas cantidades deben de ser especificadas por medio del ensayo y error.

6.2.3 Determinación de la demanda máxima que puede ser cubierta en el proceso

Para determinar la demanda máxima se evaluaron las limitantes que pueden tener las etapas del proceso de producción.

6.2.3.1 Capacidad del Proceso de prensado

Las prensas calefactoras de alta presión son costosas y escasas en el mercado, en el caso de producción de GLG de alta densidad este trabajo se basará en la prensa construida por Fundación escuela para la vida la cual tiene la capacidad de prensar 4 moldes de 6 m de largo, 65 cm de ancho y 5 cm de espesor cada hora y media aplicando una presión de 9,8MPa y elevando su temperatura a 180°C.

Suponiendo que la mayor limitante sea la capacidad de prensado en la tabla 11 se calcula la cantidad de tablonos máximos semanales dependiendo de los turnos diario.

Tabla 10 Tablonos máximos de acuerdo con capacidad de prensado

Tiempo de prensado	2	Horas
Tableros por prensado	4	Unidades
Prensados en un turno	4	Tableros
cantidad de tableros por turno	16	Tableros
Cantidad tableros semanales un turno	80	Tableros
Cantidad tableros semanales dos turnos	160	Tableros
Cantidad tableros semanales tres turnos	240	Tableros

Fuente: Elaboración propia.

6.2.3.2 *Calculo de la guadua requerida para el prensado y su disponibilidad*

Teniendo en cuenta la cantidad de tablonos que se pueden producir de acuerdo con la prensa hidráulica se calcula la materia prima requerida.

Tabla 11 Cantidad Guadua requerida

Cantidad tableros semanales un turno	80	Tableros	17360	Kilos guadua
Cantidad tableros semanales dos turnos	160	Tableros	34720	Kilos guadua
Cantidad tableros semanales tres turnos	240	Tableros	52080	Kilos guadua

Fuente: Elaboración propia.

Las empresas visitadas que fabrican GLG de baja y media densidad y que comercializan guadua angustifolia recomiendan usar en los procesos de producción guadua que cumplan con un periodo de crecimiento y madurez de 5 a 6 años , esto crea una dificultad ya que de acuerdo a la entrevista al gerente de operaciones de Induguadua este tipo de guadua se está exportando a Estados Unidos y es comercializada en dólares, haciendo difícil que las empresas productoras colombianas de GLG puedan acceder a este recurso a un costo que les permita ser competitivos.

A diferencia de las empresas anteriores en las cuales requieren en sus procesos cierta integridad de la guadua para asegurar el no agrietamiento del tablón a producir, este proyecto no necesita una materia prima de tan alta calidad ya que no se trabaja con esterilla ni latillas, ni con el culmo completo sino con sus fibras, por lo tanto lo que realmente importa es la resistencia de la fibra y de acuerdo con (Montoya Moreno, Serna Osorio, & Trujillo De Lo Ríos, 2006) la mayor resistencia de las fibras se tiene entre 1 y 3 años lo cual significa que se puede usar materia prima que tenga entre 1 y 10 años lo cual baja los costos de producción del GLG.

Las propiedades mecánicas de la guadua dependen del sitio de extracción (Maya Echeverry, Camargo García, & Marino Mosquera, 2017) por lo tanto se debe asegurar que la guadua pueda extraerse de zonas con situaciones climáticas parecidas, en el caso que se deseen mezclar se deben caracterizar los guaduales en relación con el producto final.

En la caracterización de la cadena productiva de la guadua realizada por (Castañeda Farfán, 2016) se puede ver un extracto de la distribución de los guaduales en el país tabla 13.

Tabla 12 Distribución de Guadales en Colombia

Departamentos	Área (Ha)			Movilización (m3)
	Guadales Naturales	Guadales Plantados	Total	2011
Caldas	5875	320	6195	12.042,57
Quindío	7708	905	8613	70.157,14
Risaralda	3515	615	4130	20.285,29
Tolima	2896	1326	4222	
Valle del Cauca	9688	2179	11867	
Huila			1610	1.691,1
Antioquia	489			7.530
Cauca	1500	300		
Cundinamarca	378	228		
Putumayo y Caquetá	2000			
Total	34049	5873		72.010

Fuente: (Castañeda Farfán, 2016)

De acuerdo con (Castañeda Farfán, 2016) el departamento del Quindío tiene planes de reforestación con guadua de 47032.51 Hectáreas para ser sembradas y aprovechadas.

Por otro lado (Viafara Carabail, 2013) indica que teniendo en cuenta otras áreas de explotación de guadua como Buenaventura, Tuluá y Buga el área de guadales en el Valle del Cauca es de 15950 Hectáreas.

En (Nieto & Autónoma, Corporación, 2002) se asegura que en un guadual el 9% son tallos renuevos, 9% son guadas juveniles, el 31% maduras , el 30% muy maduras y el 11% secas y podridas, por lo tanto gracias a los procesos que se pretenden usar en este proyecto se puede aprovechar el 61% del guadual, porcentaje que no se alcanza con los prensados de mediana densidad. Para no competir con el resto del mercado se debe tener en cuenta que también puede usarse el 30% correspondiente a guadas muy maduras teniendo en cuenta la cantidad de hectáreas que podría aprovecharse en el Valle del Cauca es de 9570 hectáreas que corresponden a 15.826.883 tallos. En la siguiente tabla se muestran los consumos de tallos del proyecto.

Tabla 13 Consumo de tallos del proyecto

Cantidad a producir Semanal			Consumo Tallos		
			Semanal	Mensual	Anual
1 turno de Prensado	80	Tableros	534	2135	25617
2 Turnos de Prensado	160	Tableros	1067	4270	51234
3 Turnos de Prensado	240	Tableros	1601	6404	76851

Fuente: Elaboración propia.

*Para empezar el proyecto se propone trabajar con 70% de la capacidad de 2 turnos de prensado la cual corresponde a 112 tablones semanales.

Teniendo en cuenta el peso específico de la guadua ($790 \text{ Kg}/\text{m}^3$), un tallo puede pesar aproximadamente 21,33 Kg se calculó que cada tablón consume aproximadamente 10,1 tallos en consecuencia con los datos de la tabla anterior y la cantidad de tallos que existen en todo el Valle del Cauca puede asegurarse que existe el potencial en cuanto a materia primas.

Con las dimensiones de los tablones requeridos se puede estimar que este proyecto producirá aproximadamente 1048m^3 de enchapado en un año lo cual significa una participación en el mercado nacional del 0,11%.

6.2.4 Análisis del proceso de producción de GLG de alta densidad

De acuerdo con la figura 6 y teniendo en cuenta la sección anterior, el proceso de producción de tablones de alta densidad en GLG se esquematiza por etapas en la figura 8.

Figura 8 Proceso de producción de vigas de alta densidad en GLG



Fuente: Elaboración propia.

6.2.4.1 Cálculo del Desfibrado

Con el cálculo de la demanda a cubrir (112 tablones por semana) y teniendo en cuenta las dimensiones de las esterillas que más se comercializan en el mercado: 6m de largo, 0,45m de ancho y 0,01m de espesor se estimó que el volumen de unas esterilla es aproximadamente $0,027m^3$, con el peso específico de la guadua ($790 Kg/m^3$) se calculó que el peso aproximado de un tallo de guadua *Agustifolia* es de 21,33Kg, si se requieren 217 kg por tablón entonces su equivalente en tallos es de 10,1 y el requerimiento semanal del proceso es de 1139 tallos.

De las entrevistas realizadas a los gerentes de Funvida y las visitas realizadas a Ecotableros se evidenció que para el proceso de producción es mejor transformar los tallos en esterillas en el punto de extracción de la guadua.

Empresas como Induguadua, Ecobamboo y Guadua Bambú Colombia están en la capacidad de proveer la demanda de fibra por lo tanto desde el punto de vista de materia prima es factible técnicamente fabricar GLG de alta densidad.

6.2.4.2 Cálculo de Cepillado

La esterilla debe pasar por un proceso de cepillado para retirar la cutícula y la pared externa de la guadua que según los operarios de Ecotableros no permite una buena adhesión del fenol con la guadua, ese proceso se recomienda realizar en una cepilladora de dos caras con cuchillas de tungsteno.

Las cepilladoras del mercado tienen velocidades de 12m/min y con los datos anteriores se construyó la siguiente tabla:

Tabla 14 Tiempos y operarios cepillado

CEPILLADO			1 Máquina			2 MaquinaS		
Cantidad	212	tablones	Tiempo normal	570	Minutos	Tiempo normal	285	Minutos
Cantidad	1139,428036	esterillas semanales	Tiempo normal	9,50	horas	Tiempo normal	4,75	horas
Vel cepilladora	12	m/min	Indice de desempeño	20%		Indice de desempeño	20%	
Esterillas por minuto 1 maquina	2	esterillas / min	Tiempo estandar	11,4	horas	Tiempo estandar	5,7	horas
			Operarios	4	personas	Operarios	6	personas

Fuente: Elaboración propia

En la tabla anterior se visualiza que llevar a cabo el proceso con una sola cepilladora requiere 11,4 horas y 4 operarios, lo cual se traduce en 2 turnos de 8 horas, mientras que usando 2 máquinas el tiempo se reduce a 6 horas, el número de operarios aumenta a 6 pero el proceso se puede ejecutar en un solo turno laboral..

Calculo del Trapichado y corte

Para desfibrar la guadua es necesario pasar las esterillas por un proceso de trapichado y para estandarizar la materia prima se deben cortar las fibras para que todas queden a la misma medida.

Comercialmente no se consiguen maquinarias para llevar a cabo este proceso, pero en Induguadua han desarrollado un prototipo de trapiche con rodillos que es capaz de procesar dos esterillas por minuto.

Tabla 15 Trapichado y Corte

TRAPICHADO Y CORTE			1 Máquina			2 Máquina		
Cantidad	212	tablones	Tiempo normal	570	Minutos	Tiempo normal	285	Minutos
Cantidad	1139,428036	esterillas semanales	Tiempo normal	9,50	horas	Tiempo normal	4,75	horas
Vel cepilladora	12	m/min	Indice de desempeño	20%		Indice de desempeño	20%	
Esterillas por minuto 1 maquina	2	esterillas / min	Tiempo estandar	11,4	horas	Tiempo estandar	5,7	horas
			Operarios	4	personas	Operarios	6	personas

Fuente: Elaboración Propia

Los procesos de cepillado, trapichado y corte pueden llevarse en forma simultánea y con la información de la tabla 5.10 y 5-9 se puede inferir que la etapa de desfibrado puede llevarse a cabo entre 1 y dos turnos dependiendo de la cantidad de máquinas que se adquiera, esto se evalúa en el siguiente capítulo.

6.2.4.3 Cálculo del Preservado o inmunizado

Para asegurar la vida útil del producto se plantean dos soluciones inmunizar o preservar. El inmunizado consiste en aplicar químicos a las fibras de la guadua con el objetivo de eliminar hongos y microorganismos que son causantes de la degradación de la guadua, este tipo de solución se usa en Ecotableros e Induguadua.

El proceso de preservado consiste en cocinar los azúcares de la guadua para que los microorganismos y hongos no puedan alimentarse de ella, este tipo de proceso se usa en Ecotableros, Ecobambu y es el proceso que se detalla en este trabajo ya que es más rápido que el proceso de inmersión, debido al gran volumen de fibra que se pretende procesar se decide trabajar entonces con autoclaves.

Comercialmente se consiguen autoclaves que pueden ser importados desde China, Europa y USA, en una entrevista a Gustavo Valencia quien es un experto en eficiencia energética de la Universidad Autónoma de Occidente indico que es posible adaptar o construir un autoclave de las dimensiones que se requieren en este proyecto.

Suponiendo un autoclave de 12 m³ con capacidad para 500 esterillas desfibradas se genera la tabla 17.

Tabla 16 Preservado

PRESERVADO			1 Autoclave		
Cantidad de esterilla a procesar	1139,428036	Esterillas desfibradas	Tiempo normal inmunizado	4,6	horas
Volumen 1 esterilla	0,024	m ³	Transporte al horno secador	1	horas
Volumen 1 autoclave	12	m ³	Indice de desempeño	15%	
Capacidad autoclave esterilla	500	Esterillas desfibradas	Tiempo estandar	6	horas
Tiempo del Proceso	2	horas	Numero de operarios	4	Personas

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con la tabla anterior en un turno de 8 horas con 4 operarios es posible realizar el proceso de preservado.

6.2.4.4 Cálculo del Secado

En las visitas realizadas se pudo constatar que uno de los procesos más lentos para producir el GLG es el de secado, el ingeniero Gustavo Valencia indica que la guadua es un elemento muy aislante y que además como se pretende trabajar con fibras se debe tener cuidado con las temperaturas que usen.

Tabla 17 Secado

SECADO			1 Horno		
Capacidad de fibra seca	1139,428036	Esterillas desfibradas	Extracción de fibra seca	1	horas
Capacidad horno secador	36	m ³	Tiempo normal Secado	17	horas
Porcentaje de humedad	7%		Indice de desempeño	15%	
Tiempo del proceso	16	horas	Tiempo estandar	21	horas
			Numero de operarios	2	

Fuente: Elaboración propia.

Con la tabla anterior se estima que el número de operarios para llevar a cabo el proceso es 2 y que se requieren de 3 turnos de 8 horas para realizarlo.

6.2.4.5 Cálculo del Moldeado

Después de realizar el proceso de preservado se procede a armar los “sándwiches” que van a ser prensado, para ello se realiza un encolado y un armado de moldes.

Tabla 18 Encolado y Armado de moldes

ENCOLADO			ARMADO MOLDES		
Pegante	17	kilos por tablon	Velocidad de armado moldes	0,4	Moldes por hora
Desmoldante	1	kilos por tablon	Tiempo para armar 4 moldes	1,6	Horas
Cantidad de moldes	250	Tablones semanales	Tiempo estandar para 4 moldes	2	horas
Tiempo normal encolado	6	Horas	Cantidad operarios	6	

Fuente: Elaboración propia.

Para realizar los procesos anteriores se requieren 6 horas y 6 operarios y en un turno se puede llevar a cabo esta operación.

6.2.4.6 Cálculo del Prensado

Los tiempos de prensado dependen de la maquina prensadora, en este caso se toman los datos de la prensa calefactora de Funvida.

- Tiempo de prensado 1.6 horas
- 180°C
- 4 moldes por prensado

Tabla 19 Prensado

Tiempo de prensado	1,6	Horas
Tableros por prensado	4	Unidades
Prensados en un turno	5	Tableros
cantidad de tableros por turno	20	Tableros
Cantidad de prensados	42,4	Tableros
tiempo total prensado	67,8	Horas
Operarios a cargo	4	operarios

Fuente: Elaboración propia.

En un turno de 8 horas se producen 20 tablonos para producir 112 se requieren 9 turnos con 4 operarios.

6.2.4.7 Cálculo del Enfriado y acabado final

El último proceso es dar acabado y corte a los tablonos fabricados, los datos se muestran en la tabla 21, en el caso de este proyecto el enfriado se llevará a cabo de manera natural, se estima que en 1 hora puede llevarse a cabo el enfriado de 4 tablonos.

Tabla 20 Enfriado y Acabado

ENFRIADO Y ACABADO		
Enfriado 4 tablonos	1	horas
Acabado molde	0,5	hroas
Tiempo normal 4 tablonos	2	horas
Tiempo total	106	horas
Operarios	3	operarios

Fuente: Elaboración propia.

*Se requieren 13 turnos para dar terminado y acabado a los tablonos.

6.2.4.8 Determinación de tiempos y numero de maquinas

Para que el proceso pueda llevarse a cabo se debe realizar un balance, hay operaciones que deben hacerse en paralelo para alcanzar a tener la producción semanal que se ha establecido.

Tabla 21 Etapa 1

NOMBRE DEL PROCESO ANALIZADO: PROCESO DE ELABORACIÓN DE VIGAS ESTRUCTURALES EN G.L.G				HORA DE FINAL:							
FECHA: Noviembre 27 del 2017				HORA DE INICIO:							
DESCRIPCIÓN	I	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	Proc	P/I	Insp	Trans	Alm	Dem	TIEMPO ESTIMADO (hora)	VARIABLES CRÍTICAS OBSERVADAS
DEFIBRADO DE LA GUADUA	1	Almacenar la guadua	Operario						x	0:20:00	Guadua para una semana
	2	Trasladar de almacén a máquinas	Operario				x			0:18:00	Distancia corta
	3	Cepillar	Operario	x						5:42:00	Procesos llevado secuencialmente
	4	Trapichar	Operario	x							
	5	Cortar	Operario	x							
		6	Almacenar en Canastillas	Operario					x	0:20:00	1 ton por canastilla
CONTROL DE CALIDAD	7	Verificar la calidad del trabajo	Operario			x				0:20:00	
TOTAL										7:40:00	horas

Fuente: Elaboración propia.

*La primera etapa puede llevarse a cabo en un turno de 8 horas con 6 operarios.

Tabla 22 Etapa 2

NOMBRE DEL PROCESO ANALIZADO: PROCESO DE ELABORACIÓN DE VIGAS ESTRUCTURALES EN G.L.G				HORA DE FINAL:							
FECHA: Noviembre 27 del 2017				HORA DE INICIO:							
DESCRIPCIÓN	I	ACTIVIDAD	RESPONSABLE	Proc	P/I	Insp	Trans	Alm	Dem	TIEMPO ESTIMADO (hora)	VARIABLES CRÍTICAS OBSERVADAS
PRESERVADO Y SECADO	8	Trasladar al autoclave	Operario				x			1:00:00	
	9	Preservar	Operario	x						2:00:00	Autoclave
	10	Trasladar al horno	Operario				x			1:00:00	
	11	Secar	Operario	x						21:00:00	Humedad final 7%
TOTAL										24	HORAS

Fuente: Elaboración propia.

*La segunda etapa debe realizarse en 3 turnos con 4 operarios.

Tabla 23 Etapa 4,5 y 6

NOMBRE DEL PROCESO ANALIZADO: PROCESO DE ELABORACIÓN DE ESTRUCTURAS EN G.L.G
 FECHA: Noviembre 27 del 2017
 HORA DE INICIO:

DESCRIPCIÓN	I	ACTIVIDAD	Proc	P/I	Insp	Trans	Alm	Dem	TIEMPO ESTIMADO (hora)	VARIABLES CRÍTICAS OBSERVADAS
			●	●	■	➔	▼	●		
MOLDEADO	13	Trasladar el aglutinante				x			1:00:00	Fenol Formaldehido
	14	Aplicar pegante a los rodillos	x						0:25:00	Máquina de rodillos para pegante
	15	Alistar moldes	x						0:25:00	Limpiar y aplicar desmoldane
	16	Armar moldes	x						8:10:00	30 cm de fibra organizadas de forma manual
CONTROL DE CALIDAD	17	Verificar la calidad del trabajo			x				0:25:00	
PRENSADO	18	Trasladar molde a la prensa				x			0:05:00	Montacarga
	19	Cargar la prensa	x						1:00:00	Mediante mecanismo tijera
	20	Prensar	x						68:00:00	Temperatura 180°C y Presión 9,8 Mpa
	21	Extraer moldes	x						0:25:00	Mecanismo tijera
	22	Almacenar					x		0:05:00	Enfriamiento
ENFRIADO Y ACABADO FINAL	23	Trasladar moldes				x			0:05:00	Mantas térmicas
	24	Enfriar	x						4:00:00	Cuarto aislado
	25	Desmoldar	x						6:00:00	Manual
	26	Realizar acabado final	x						6:00:00	Cepilladoras
	27	Almacenar					x			Bodega
			14	0	2	6	5	0	96:00:00	

Fuente: Elaboración propia.

Las etapas de encolado, moldeado, prensado y acabado final deben llevarse de forma continua para aprovechar el tiempo y asegurar la producción semanal, se debe contar con al menos 6 operarios en cada turno, se necesitan 96 horas que equivalen a 13 turnos.

Con las tablas anteriores puede distribuirse las etapas como se muestran en la tabla 25.

Tabla 24 Distribución de etapas en la semana

Turno	lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado
1	Desfibrado	Preservado/secado	Moldead/Prensado/acabado	Moldead/Prensado/acabado	Moldead/Prensado/acabado	Moldead/Prensado/acabado
2	preservado/secado	Moldead/Prensado/acabado	Moldead/Prensado/acabado	Moldead/Prensado/acabado	Moldead/Prensado/acabado	
3	preservado/secado	Moldead/Prensado/acabado	Moldead/Prensado/acabado	Moldead/Prensado/acabado	Moldead/Prensado/acabado	

Fuente: Elaboración propia.

*Para cumplir con la demanda se requieren de 16 turnos.

Teniendo en cuenta los turnos y la cantidad de operarios se construye la tabla 25 en la que se muestra la distribución de operarios.

Tabla 25 Distribución de operarios

Turno	Lunes	Martes	Miercoles	Jueves	Viernes	Sabado
1	6	4	6	6	6	6
2	4	6	6	6	6	
3	4	6	6	6	6	
TOTAL OPERARIOS	14	16	18	12	12	6

Fuente: Elaboración propia.

Con las tablas anteriores se realiza la tabla 27 que resume la cantidad de turnos y operarios.

Tabla 26 Operarios por turno

Operación	Turnos	Operarios
Desfibrado	1	6
Preservado Secado	3	4
Moldeado (A) Armado Prensado Enfriado Acabado	11	6

Fuente: Elaboración propia

Con los datos de la tabla anterior se calculó una necesidad de 624 hombre-hora, para realizar el análisis de costo es necesario revisar cuales operaciones pueden ser tercerizadas.

De acuerdo con la validación realizada en el anexo1, los datos anteriores corresponde a la realidad de un proceso de producción de GLG y puede ser aplicado para llevar a cabo la fabricación de tablonos de alta densidad por lo tanto es factible desde el punto de vista técnico

6.3 Evaluación financiera del proceso de producción de tablonos contra enchapados de alta densidad productos con guadua angustifolia

6.3.1 Cálculo del WACC (coste promedio ponderado de capital CPPC)

Para analizar los flujos del proyecto se calculó la tasa de descuento del proyecto teniendo en cuenta el punto de vista de los inversionistas, por lo tanto, se revisaron varios escenarios teniendo en cuenta las ecuaciones planteadas en el capítulo 4.2.

6.3.1.1 Selección del Beta del sector

Para calcular el Beta del sector se realizó una consulta a la base de datos del Doctor Guillermo Buenaventura de la universidad ICESI (Buenaventura, 2012) en el sector de materiales para la construcción cuyo valor es de. ($B_0 = 0,43$), para tener en cuenta el endeudamiento de los inversionistas se realiza un análisis de sensibilidad variando tanto el porcentaje de deuda y teniendo constante un impuesto del 34% como primer paso se calcula el Beta apalancado como se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 27 Calculo beta apalancado

	Nivel Endeudamiento					
$B_0 = 0.43$	0	20%	30%	40%	50%	60%
B	0,430	0,477	0,495	0,511	0,525	0,536

Fuente: Elaboración propia con datos del sector

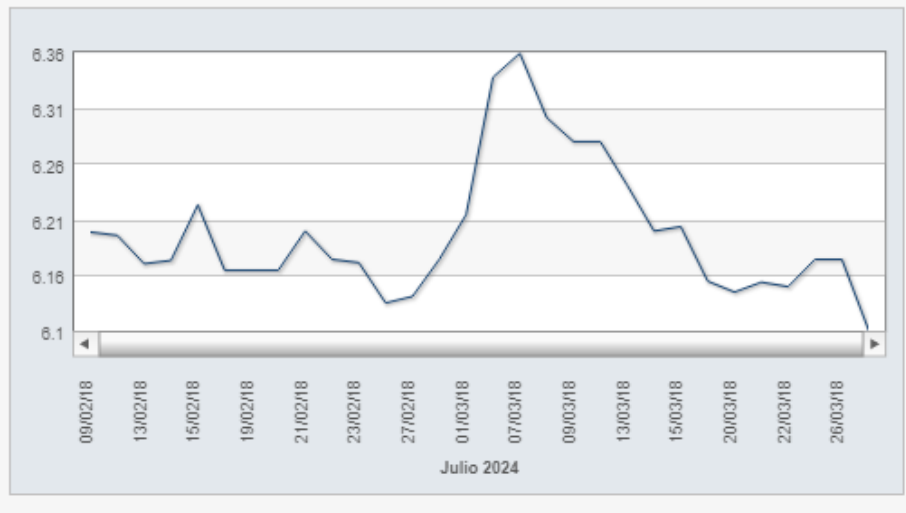
6.3.1.2 Cálculo del costo de los fondos propios K_e

Para realizar los cálculos se usaron los valores del Índice global de la bolsa de valores de Colombia por que tiene la mayor cantidad de años que los otros indicadores disponibles.

6.3.1.2.1 Cálculo R_f

Para calcular el costo de los fondos propios se tiene en cuenta la ecuación 2 en donde la tasa libre de riesgo (R_f) se estimó en la base de datos del grupo aval cuyo valor es de 6.10 EA correspondiente al TES de julio del 2024 como se muestra en la siguiente figura.

Figura 9 TES a Julio del 2024

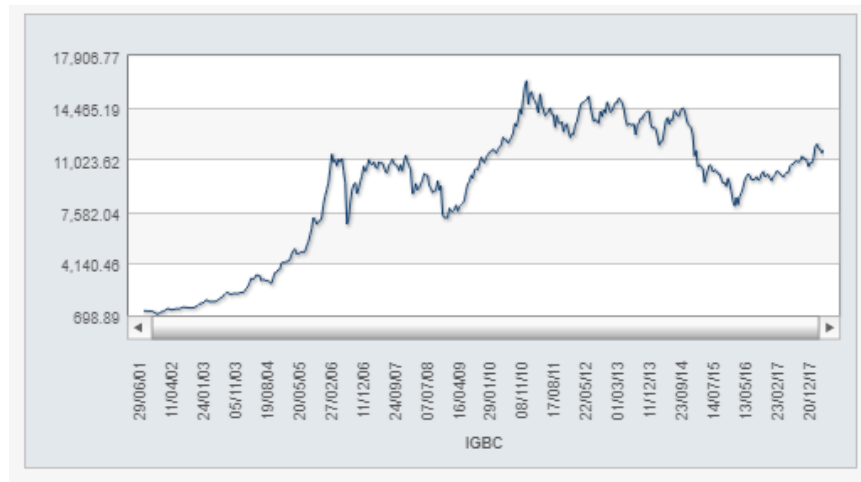


Fuente: Tomado del Grupo Aval.

6.3.1.2.2 Cálculo de Rm

Para el cálculo de Rm se consultó la base de datos del grupo aval, renta variable en pesos y se seleccionó el índice general de la bolsa de Colombia. Se realizó una consulta desde el 29/06/01 con un valor de 1000 pesos por punto al 12/03/2018 11439,27 pesos por punto tal y como se muestra en la figura siguiente:

Figura 10 Índice General de la Bolsa Colombia a 10 años



Fuente: Tomado del Grupo Aval.

Con los datos de la grafico se construyó la siguiente tabla en donde se calcula la tasa a partir de los datos obtenidos con un valor de Rm de 15,7 % E.A.

Tabla 28 Calculo de Rm

Calculo Rm	
Fecha	Valor
29/06/2001	1000
12/03/2018	11439,27
Numero de días	6100
Numero de años	16,71
TIR	15,7%

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos de la tabla anterior y teniendo en cuenta los endeudamientos se construye la siguiente tabla con los valores de Ke.

Tabla 29 Nivel de endeudamiento

Bo =0.43	Nivel Endeudamiento				
	0	20%	30%	40%	50%
Ke	10,23%	10,91%	11,40%	12,04%	12,95%
B	0,430	0,501	0,552	0,619	0,714

Fuente: Elaboración propia.

6.3.1.2.3 Cálculo del WACC

Con los valores anteriores y teniendo en cuenta las tasas del mercado se elaboró la siguiente tabla donde se calcularon los distintos WACC dependiendo de la razón de endeudamiento y el costo de la deuda usando la ecuación 1.

Tabla 30 Calculo de Wacc

Calculo de Wacc		rD				
		0	20	30	40	50
KD	10%	10,23%	10,05%	9,96%	9,87%	9,78%
	17%	10,23%	10,97%	11,34%	11,71%	12,09%
	30%	10,23%	12,69%	13,92%	15,15%	16,38%

Fuente: Elaboración propia.

Los datos resaltados en la tabla anterior no harán parte del análisis ya que son valores muy cercanos al 15.75%. El costo del capital prestado depende de la situación del mercado y de la solides que tiene la empresa que solicita el préstamo.

6.3.2 Flujos del proyecto

6.3.2.1 Cálculo de costos

El cálculo de los costos se realizó por método de costeo directo, los datos son suministrados por Funvida y corresponden a los datos que arrojaron unos prensados de prueba de maquinarias, los valores corresponden a las materias primas puestas en el sitio de operación, el proveedor encargado para ello fue Induguadua.

Tabla 31 Costo Guadua y pegamento

	COSTO COMERCIAL	COSTO UNITARIO \$/Kg	COSTO TOTAL	Costo Anual
Guadua	\$ 1.400.000,00	\$ 1.400,00	\$ 34.025.600,00	\$ 1.633.228.800,00
Pegamento	\$ 3.200.000,00	\$ 3.200,00	\$ 6.092.800,00	\$ 292.454.400,00

Fuente: Funvida

Con el cálculo de turnos de la sección 6.2.4 se realiza la siguiente tabla donde se calcula el costo de los operarios teniendo en cuenta que la contratación es por servicios con un costo de 37.000 pesos por hora y turnos de 8 horas.

Tabla 32 Costos Operarios

Operación	TURNOS	OPERARIOS	COSTO SEMANAL	COSTO MENSUAL	COSTO ANUAL
Desfibrado	1	6	\$ 222.000,00	\$ 888.000,00	\$ 10.656.000,00
Preservado Secado	3	4	\$ 444.000,00	\$ 1.776.000,00	\$ 21.312.000,00
Moldeado (A) Armado	11	6	\$ 2.442.000,00	\$ 9.768.000,00	\$ 117.216.000,00
Prensado					
Enfriado					
Acabado					
TOTAL	15	16	\$ 3.108.000,00	\$ 12.432.000,00	\$ 149.184.000,00

Fuente: Elaboración propia.

De acuerdo con los requerimientos de personal de la sección anterior se realiza la siguiente tabla donde se muestran los costos del personal de planta con contratación directa, en el costo mensual se incluyen las prestaciones de ley más los salarios.

Tabla 33 Costo Personal Planta

CARGO	COSTO MENSUAL	CANTIDAD	COSTO MENSUAL TOTAL
Ingenieros	\$ 6.000.000,00	2	\$ 12.000.000,00
Gerente	\$ 6.000.000,00	1	\$ 6.000.000,00
Vendedores	\$ 2.500.000,00	2	\$ 5.000.000,00
servicios generales	\$ 2.000.000,00	3	\$ 6.000.000,00
		TOTAL	\$ 29.000.000,00

Fuente: Elaboración propia.

Teniendo en cuenta los costos anteriores, los gastos fijos y variable en los que puede incurrir una empresa al fabricar tablonos de GLG de alta densidad y a las entrevistas con el gerente de Funvida se presenta la tabla de costos operacionales.

Tabla 34 Costos Operacionales

EGRESOS		
Gastos Operacionales	Mensual	Anual
Arrendamiento Bodega	\$ 5.250.000,00	\$ 63.000.000,00
seguridad Bodega	\$ 2.000.000,00	\$ 24.000.000,00
Energia	\$ 2.500.000,00	\$ 30.000.000,00
Gas	\$ 700.000,00	\$ 8.400.000,00
Mantenimiento	\$ 3.000,00	\$ 36.000,00
Costo Operarios	\$ 12.432.000,00	\$ 149.184.000,00
Servicios	\$ 2.000.000,00	\$ 24.000.000,00
Costo personal planta	\$ 29.000.000,00	\$ 348.000.000,00
Guadua	\$ 136.102.400,00	\$ 1.633.228.800,00
Pegamento	\$ 24.371.200,00	\$ 292.454.400,00
TOTAL GASTOS Operacionales	\$ 214.358.600,00	\$ 2.572.303.200,00

Fuente: Elaboración propia con datos de Funvida.

Para realizar comparaciones con otras maderas del mercado se realizó la estimación de los costos de fabricar un tablón de GLG de alta densidad de 6 m de largo, 60cm de ancho y 5cm de espesor es de 478.479 pesos, el costo del metro cubico de GLG es de 2.658.216 pesos.

6.3.2.2 Cálculo de los ingresos

Como primer paso para calcular los ingresos se consultó los volúmenes comerciales de las maderas a sustituir y sus precios al mercado, con estos valores se calculó el precio por metro cúbico y los datos se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 35 Precio de maderas a sustituir

Madera a Sustituir	Volumen Comercial (m ³)	Precio Volumen Comercial	Precio Metro Cubico
Pino	0,030176	\$ 69.900	\$ 2.316.410,39
Abarco	0,02358705	\$ 55.900	\$ 2.369.944,56
Cedro	0,006	\$ 35.800	\$ 5.966.666,67
Nogal Procesado	0,094428	\$ 406.000	\$ 4.299.572,16
MELAMINA mdp	0,068625	\$ 159.990	\$ 2.331.366,12
Granadillo	0,0108	\$ 61.500	\$ 5.694.444,44
MDF Arauco	0,05358	\$ 60.200	\$ 1.123.503,24
Teca	0,00113	\$ 13.900	\$ 12.257.495,59
Cativo	0,03538	\$ 31.900	\$ 901.624,71

Fuente: Elaboración propia.

Comparando el costo del metro cubico de producir GLG y los precios de las maderas a sustituir se observa que no es factible desde el punto de vista financiero el reemplazar las siguientes maderas: Pino, Abarco, Melamina mdp, MDF Arauco, cativo

Usando los datos de las tablas anteriores se calcularon los ingresos que se pueden llegar a generar al sustituir cada una de las maderas propuestas teniendo en cuenta su precio volumétrico y los 112 tablones semanales calculados en el capítulo anterior.

Tabla 36 Ingresos al vender tablones a precios de productos sustitutos

Ingresos reemplazando maderas tradicionales				
Madera a reemplazar	Cantidad de tablones semanal	ingresos semanal	Ingresos mensuales	ingresos anuales
Teca	112	\$ 247.111.111,11	\$ 988.444.444,44	\$ 11.861.333.333,33
Cedro	112	\$ 120.288.000,00	\$ 481.152.000,00	\$ 5.773.824.000,00
Nogal Procesado	112	\$ 86.679.374,76	\$ 346.717.499,05	\$ 4.160.609.988,56
Granadillo	112	\$ 114.800.000,00	\$ 459.200.000,00	\$ 5.510.400.000,00

Fuente: Elaboración propia.

Con los datos de la tabla anterior se calcularon las utilidades que se pueden generar reemplazando cada una de las maderas anunciadas con anterioridad.

Tabla 37 Utilidades al reemplazar cada madera

Utilidad al reemplazar maderas tradicionales				
	Teca	Cedro	Nogal	Granadillo
Ingresos operacionales	\$ 11.861.333.333,33	\$ 5.773.824.000,00	\$ 4.160.609.988,56	\$ 5.510.400.000,00
Gastos Operacionales	\$ 2.572.303.200,00	\$ 2.572.303.200,00	\$ 2.572.303.200,00	\$ 2.572.303.200,00
UTILIDAD	\$ 9.289.030.133,33	\$ 3.201.520.800,00	\$ 1.588.306.788,56	\$ 2.938.096.800,00

Fuente: Elaboración propia.

Con los precios de mercado de las maderas tradicionales tales como: Teca, Cedro, Nogal y Granadillo se generan utilidades.

6.3.2.3 Inversión requerida

Se calcularon las inversiones requeridas para cumplir con la demanda establecida en capítulos anteriores:

6.3.2.3.1 Máquinas

La inversión en máquinas y aditamentos de las maquinas corresponde a los valores reportados por Funvida en su proyecto Guaduaviga y se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 38 Inversión Maquinas

Maquinaria	Cantidad	Vr. Unitario	Vr. Total
Moldes de prensado herméticos	32	8.000.000	256.000.000
Prensa Hidraulica calefactora de 4500 T	1	1.200.000.000	1.200.000.000
Puente grua	2	65.000.000	130.000.000
Banda Transprotadora	5	16.000.000	80.000.000
Horno	1	150.000.000	150.000.000
Sierra Vertical	1	100.000.000	100.000.000
Cepillo milimétrico	1	90.000.000	90.000.000
Sierra circular multiple de mesa	2	80.000.000	160.000.000
Máquina de Corte para tableros	2	92.000.000	184.000.000
Cepilladora	3	60.000.000	180.000.000
Horno de secado intermedio	1	50.000.000	50.000.000
Lijadora de banda	1	60.000.000	60.000.000
Paletizadora	1	25.000.000	25.000.000
Máquina de pegado por inversión	1	18.000.000	18.000.000
Grua	5	3.500.000	17.500.000
Total			\$ 2.700.500.000,00

Fuente: Funvida

Como se puede ver en la tabla 39 la prensa hidráulica es la máquina más costosa de todas las requeridas, esto es debido a que es un desarrollo tecnológico específico para la fabricación de GLG de alta densidad mientras que el resto de las máquinas provienen de los procesos de producción de MDF.

6.3.2.3.2 Aditamentos y accesorios

Se calcularon las inversiones requeridas en accesorios y aditamentos requeridos para empezar a producir.

Tabla 39 Inversiones aditamentos y accesorios

Bandejas de almacenamiento para producto final	6	6.000.000	36.000.000
Estanteria Pesada	5	6.000.000	30.000.000
Mesa de Agrupamiento	3	9.000.000	27.000.000
Tanque de Almacenamiento con mezclador	1	18.000.000	18.000.000
Bandejas de Inmersión	8	4.000.000	32.000.000
Refrigerador	1	12.000.000	12.000.000
Bomba de Aire con cilindros de presión	2	9.000.000	18.000.000
Bomba de Fluidos	3	8.000.000	24.000.000
Estivador	10	800.000	8.000.000
Báscula	4	3.000.000	12.000.000
Motor de esfuerzos	3	3.500.000	10.500.000
Herramientas de despinado	8	400.000	3.200.000
Total			\$ 230.700.000,00

Fuente: Funvida

6.3.2.3.3 Otras inversiones

También se tuvo en cuenta en el estudio de factibilidad la adecuación de la planta, montaje de la prensa y una inversión en mercadeo que se muestra en la siguiente tabla,

Tabla 40 Otras inversiones

Adecuaciones en construcción	\$ 600.000.000,00
Montaje prensa	\$ 150.000.000,00
adecuacion electrica	\$ 80.000.000,00
Inversión en mercadeo	\$ 300.000.000,00
Costos producción mitad primer año	\$ 2.145.831.600,00
Total	\$ 3.275.831.600,00

Fuente: Funvida

La adecuación de la planta es uno de los ítems más costosos debido a que se deben instalar las maquinas que se nombraron en la tabla 39 y 40. Las dimensiones de los tablonés que se pretenden fabricar obligan a la empresa a disponer de una gran superficie.

Con las tablas anteriores se estimó la inversión inicial necesaria la cual corresponde a 6.207.000 pesos.

6.3.3 Cálculo de VPN

Se realizó la comparación de los flujos en el tiempo dependiendo de la madera a remplazar usando el valor presente neto.

Tabla 41 Cálculo VPN

15 años	VPN			
WACC	Teca	Cedro	Nogal	Granadillo
10,23%	\$64.396.996.885,29	\$18.690.462.806,14	\$6.578.050.791,10	\$16.712.609.898,82
10,23%	\$64.396.996.885,29	\$18.690.462.806,14	\$6.578.050.791,10	\$16.712.609.898,82
10,23%	\$64.396.996.885,29	\$18.690.462.806,14	\$6.578.050.791,10	\$16.712.609.898,82
10,05%	\$65.116.687.743,89	\$18.938.508.643,04	\$6.701.108.834,84	\$16.940.246.302,01
10,97%	\$61.555.999.382,13	\$17.711.295.716,73	\$6.092.276.113,25	\$15.814.009.554,86
12,69%	\$55.665.575.430,17	\$15.681.125.232,58	\$5.085.088.041,29	\$13.950.883.317,20
9,96%	\$65.480.969.100,71	\$19.064.060.430,92	\$6.763.396.344,26	\$17.055.467.576,28
11,34%	\$60.204.368.797,07	\$17.245.448.004,98	\$5.861.164.360,67	\$15.386.492.210,24
9,87%	\$65.848.248.403,49	\$19.190.645.479,13	\$6.826.196.464,57	\$17.171.637.093,31
11,71%	\$58.896.176.004,73	\$16.794.571.393,00	\$5.637.479.921,82	\$14.972.714.129,88
9,78%	\$66.218.556.602,81	\$19.318.274.454,98	\$6.889.514.487,91	\$17.288.764.642,67
12,09%	\$57.629.673.379,31	\$16.358.063.550,92	\$5.420.923.974,77	\$14.572.122.544,16

Fuente: Elaboración propia.

Como se observa en la tabla 41 indiferentemente del WACC que se use el VPN es mayor que cero, es decir que al usar una tasa de oportunidad desde el 10,23% EA que corresponde a un endeudamiento de 0% hasta una tasa de oportunidad del 2.69% EA es rentable sustituir maderas tradicionales como la Teca, Cedro, Nogal y Granadillo

Con los datos de la tabla anterior puede concluir que el GLG de alta densidad tiene oportunidades de entrar en este mercado de maderas duras, ya que al hacer una análisis financiero con los valores comerciales de los productos que puede sustituir genera utilidades en el caso de la Teca, Cedro, Nogal y Granadillo con la gran diferencia que el periodo de crecimiento de la materia prima es menor que el del GLG de alta densidad, tiene una resistencia mecánica parecida y ambientalmente ofrece muchos beneficios al ecosistema. I

6.3.3.1.1 Calculo de precios y periodos de recuperación.

Teniendo los posibles WACC del inversionista calculados anteriormente se procede a calcular los precios de venta que aseguren un equilibrio financiero (VPN=0) con cada tasa de inversión correspondiente a una fabricación de 120 tablones semanales en los escenarios de 5, 10 y 15 año esto con el objetivo de determinar un precio base de venta.

Tabla 42 Precio equilibrio financiero

	15 años		10 años		5 años	
WACC	Precio Equilibrio financiero		Precio Equilibrio financiero		Precio Equilibrio financiero	
10,23%	\$	610.956,12	\$	641.943,68	\$	742.398,54
10,05%	\$	568.962,85	\$	597.971,73	\$	691.773,34
10,97%	\$	575.476,21	\$	604.025,43	\$	697.583,63
12,69%	\$	587.920,31	\$	615.532,47	\$	708.513,60
9,96%	\$	568.333,42	\$	597.385,35	\$	691.208,13
11,34%	\$	578.133,96	\$	606.488,92	\$	699.935,63
9,87%	\$	567.705,33	\$	596.799,97	\$	690.643,43
11,71%	\$	580.812,78	\$	608.968,48	\$	702.296,13
9,78%	\$	567.078,58	\$	596.215,59	\$	690.079,25
12,09%	\$	583.512,27	\$	611.463,92	\$	704.665,05

Fuente: Elaboración propia.

Con la tabla anterior se determina que el precio de venta para no tener pérdidas financieras al comercializar GLG de alta densidad con las inversiones planteadas y los costos determinados para una producción de 120 tabones semanales varía entre 570.000 pesos y 742.000 pesos.

Con los precios anteriores se calculó el precio volumétrico del GLG de alta densidad el cual varía dependiendo de la tasa del inversionista y el periodo de recuperación entre 3.150.000 pesos y 4.112.000 pesos, teniendo en cuenta los costos por metro cubico de las maderas, se tiene una gran diferencia con maderas como la Teca, el Granadillo y el Cedro en donde es más económico adquirir el GLG.

Con respecto al Nogal la diferencia de precios volumétricos no es mucho, pero al comparar periodos de crecimiento e impacto ambiental se tiene que la GLG de alta densidad tiene una ventaja competitiva.

6.4 Conclusiones

Objetivo 1

De acuerdo con el trabajo de grado existe una oportunidad para el GLG de alta densidad de entrar al mercado de las maderas al tener dos usos principalmente, el primero es como insumo en el sector mobiliario donde puede reemplazar las maderas tropicales tradicionales, el segundo uso que puede tener el GLG de alta densidad es en el sector estructural, donde puede competir con las maderas tradicionales tales como el Roble, Abarco, Granadillo, y el Nogal.

Existe una oportunidad en el mercado de las maderas para el GLG de alta densidad debido a que la balanza comercial de la industria de maderas esta desequilibrada desde el 2012, según los datos registrados en el numeral 6.1.10, los productos que más la desequilibran son los del sector de contra enchapados, los cuales representan el 81% de las importaciones del total de las maderas en el país, esto es debido a falta competitividad en el sector, además de los escasos productos alternativos.

De acuerdo con la sección 6.1.9 de este trabajo de grado, la demanda de los tablonces enchapados en Colombia va en aumento, desde el 2010 al 2016 se ha incrementado en un 6.8% y debido al desarrollo del sector construcción y a las necesidades de mobiliarios en el país esta demanda puede seguir creciendo, lo que significa que existen la necesidad de productos como el GLG de alta densidad en el mercado.

Una de las ventajas competitivas que se encontró en trabajo de grado es el componente ambiental que implican los productos laminados de guadua ya que la materia prima que usa tiene una huella de carbono positiva de 186,42 t CO₂ la cual es menor que la de sus productos sustitutos y podría comercializarse como un producto “verde”.

Objetivo 2

Es factible realizar el proceso de producción de GLG de alta densidad ya que es parecido al de baja densidad en sus etapas, se diferencian en el que de alta densidad requiere que la guadua que usa como materia prima entre desfibrada en vez de entrar como latilla, esto permite aumentar la presión de compactación para aumentar así la densidad del prensado, esto a su vez permite usar guaduales que tengan desde un año de madurez y con menor calidad.

Es factible fabricar GLG de alta densidad ya que existe el potencial de materia prima en el país para producir masivamente Guadua laminada, el Eje Cafetero y el Valle del Cauca pueden suplir la demanda de guadua ya que cuentan con 47032.51 y 15950 hectáreas sembradas de guadua respectivamente, además el proceso de producción no compite con otros procesos ya que no requiere de materia prima de alta calidad al trabajar con la fibra directamente.

Desde el punto de vista operativo es factible producir 112 tablones semanales, para ello se requieren 16 turnos de 8 horas con la distribución operarios mostrada en la tabla 25 con un total de 624 horas-hombre.

Objetivo 3

De acuerdo con el análisis de la sección 6.3 no es factible remplazar maderas blandas como el Pino, Abarco, Melamina mdp, MDF Arauco, y el cativo teniendo en cuenta sus precios de venta y el costo de producir GLG de alta densidad ya que no generan utilidades.

De acuerdo con el análisis de la sección 6.3 la tasa de oportunidad para proyectos de fabricación de tablones en GLG se estima entre 10.23% y 12.69% dependiendo del porcentaje de endeudamiento y el costo de este.

Usando como base los precios de las maderas: Teca, Cedro, Nogal y Granadillo de la sección 6.3 es factible remplazar estas maderas por GLG de alta densidad ya que el valor presente neto es positivo con las tasas de oportunidades evaluadas en este trabajo de grado.

Es factible remplazar Teca, Cedro, Nogal y Granadillo teniendo en cuenta el rango de WACC calculado, el precio de venta para tener equilibrio financiero ($VPN=0$) de cada tablón de 6m por 65cm de ancho y 5 cm de espesor con precios entre \$570.000 y \$742.000 dependiendo del periodo de recuperación establecido por el inversionista el cual se evaluó entre 5 y 15 años.

6.5 Recomendaciones

A continuación, se muestra en la siguiente tabla una matriz para recomendaciones

¿Qué hacer?	¿Por qué hacerlo?	¿Cómo hacerlo?	¿Quién debe hacerlo?	¿Dónde hacerlo?	¿Cuándo hacerlo?
Pruebas de resistencia mecánica a tablonos de alta densidad	Para encontrar el valor del límite elástico del material y así poder definir otros usos a los tablonos	Mediante pruebas a probetas realizadas con el material	Empresas interesadas en fabricar GLG de alta densidad. Universidades enfocadas en la investigación de productos en Guadua	Laboratorios de pruebas mecánicas como los de Uniautonoma, Univalle, Sena	Antes de sacar el producto al mercado
Desarrollo de máquinas y tecnologías para GLG de alta densidad	para mejorar los procesos de producción	Mediante diseño mecánico aplicado.	Empresas interesadas en fabricar GLG de alta densidad. Universidades enfocadas en la investigación de productos en Guadua que tengan en su plan de carreras diseño industrial Y/o Ing. Mecánica	Empresas de diseño mecánico Universidades	Se puede empezar a producir GLG de alta densidad con las máquinas actuales. Durante el primer año de producción puede empezarse la metodología de desarrollo e investigación
Caracterización del guadual	para tener claras las condiciones de la materia prima que utilice en el proceso de producción	Mediante pruebas a probetas realizadas con el material	Empresas interesadas en fabricar GLG de alta densidad. Universidades enfocadas en la investigación de productos en Guadua	Laboratorios de pruebas mecánicas como los de Uniautonoma, Univalle, Sena	Antes de sacar el producto al mercado
Optimizar procesos de producción	Procesos actuales son muy empíricos y poco eficientes	Aplicando estudios de métodos y tiempos	Universidades con carreras en pregrado en Ingeniería Industrial	En las plantas de producción de GLG	Durante los procesos de producción

Planes de mercadeo enfocados en producción verde	Para aprovechar la ventaja competitiva en cuanto a impacto ambiental que genera la guadua al ser sembrada	Aplicando Marketing Mix	Departamento de mercadeo de las empresas de GLG y Universidades con programa de mercadeo en sus planes de carreras.	Universidades	Antes de sacar el producto al mercado
--	---	-------------------------	---	---------------	---------------------------------------

De la tabla anterior se generalizan las siguientes recomendaciones:

- Se recomienda realizar pruebas de resistencia mecánica a los tabloncillos de alta densidad ya que para este trabajo de grado se tomaron como referencia los valores del GLG de baja densidad, este estudio puede arrojar datos que permitan hacer comparación con otros productos del mercado y así derivar otros usos que permita tener más oportunidades para el GLG de alta densidad.
- las empresas deben aprovechar el impacto ambiental que se genera al sustituir productos con mayores huellas de carbono para entrar en el mercado y fortalecer la industria de los laminados de guadua
- Se recomienda a las empresas del sector invertir en el desarrollo de máquinas y aditamentos que faciliten los procesos de producción de GLG, hasta el momento los que existen son heredados de los procesos de laminados actuales lo que ocasiona demoras, pérdidas de material y de tiempo.
- Se recomienda a los inversionistas realizar un estudio sobre las características mecánicas de las guaduas que tiene cada núcleo forestal ya que de acuerdo con este trabajo de grado la resistencia de ella depende del sitio de extracción y esto afecta la resistencia del producto final.
- Se recomienda a las empresas del sector que inviertan en la optimización de los procesos de producción, realizar estudios de métodos y tiempos para diseñar e implementar mejoras que les permita ser más competitivos ya que de acuerdo con este trabajo de grado los procesos que se siguen son muy empíricos.
- De acuerdo con el estudio de oportunidades los inversionistas del sector deben hacer un trabajo fuerte de mercadeo para ingresar en este mercado ya que entraría a competir en un sector muy exclusivo, de mucha tradición y para ello se debe aprovechar el impacto ambiental positivo que genera la guadua al sembrarse para para comercializar los tabloncillos como un producto verde.

7 Anexos

A continuación, se muestra la autorización de la visita a la planta de Induguadua.

Anexo 1 Validación por juicio de experto del proyecto de grado.

Santiago de Cali, martes 15 de mayo de 2018

Ingeniero

NESTOR MAURICIO CASTAÑEDA PEÑARANDA

Aspirante al Título de Magister en Ingeniería Industrial

Universidad ICESI

Ciudad

Ref.: Aporte al método de validación por Juicio de Expertos aplicado a su Trabajo de Grado.

Nota Previa: Toda la información suministrada en el presente documento es estrictamente confidencial y sólo podrá emplearse con fines académicos en los términos descritos en el acuerdo de confidencialidad suscrito entre las partes.

Henry Soto Ramírez, en mi calidad de Director del proyecto GuaduaVIGA de FUNVIDA durante el período 2016-2018 y en respuesta a su solicitud de revisión del documento:

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE PRODUCIR TABLONES DE ALTA DENSIDAD EN G.L.G., suscrito por usted como *Trabajo de grado para optar el título de Magister en ingeniería Industrial del Programa de Ingeniería Industrial de la Facultad de Ingeniería de la Universidad ICESI*, me permito declarar lo siguiente:

He hecho una lectura detallada del documento en cuestión y he encontrado:

1. En el *Capítulo I: Definición del Problema*, específicamente en el numeral *2.2 Análisis y Justificación*, una descripción juiciosa de la situación de algunas de las empresas y entidades que, intuyendo una buena oportunidad en el aprovechamiento forestal y en la aplicación de procesos de transformación de la Guadua *Angustifolia Kunth*, tomaron los enormes riesgos de iniciar unas labores de experimentación de manera extensa o muy diversificada, difusa o poco enfocada y sin contar de antemano con el debido sustento científico que tal esfuerzo, bajo la óptica de la ingeniería, la gerencia administrativa y la

planeación estratégica, exigía. Ejemplo de ello es el caso de Funvida que conocí internamente aunque de manera lamentablemente tardía, que en las primeras etapas del proyecto, desplegó un abanico de actividades tan diversas como iniciar la constitución de un núcleo forestal en Buga; crear un departamento de arquitectura especializado en la construcción con guadua; construir una prensa de enormes dimensiones sin haber realizado modelos previos, escalados o simulados para la compresión de “fibra de guadua”, sobre la hipótesis de que se podían elaborar tablonos estructurales; tomar cuatro bodegas en arrendamiento durante siete años de experimentación sin haber entrado en una etapa productiva real, mientras se experimentaba con el diseño “adecuado” de moldes, se encontraba en la práctica el punto ideal de compresión de la prensa, que coincidiera con el valor teórico, se identificaba la manera empírica de alcanzar la temperatura ideal de reacción del aglutinante de manera uniforme en todo el volumen de la fibra que compondría los tablonos a prensar, se ponía a punto la caldera, se iba implementando el sistema de automatización y se experimentaba con diferentes proporciones de aglutinante fenólico para obtener “los mejores resultados”; proyectar la línea de producción, sin diseños y habiendo antes realizado todo lo ya descrito. Es decir, que una mirada romántica, idealista y ambientalista de este “gran proyecto”, primó sobre la objetividad científica que exigía la envergadura del que se había emprendido sin fundamento distinto a la intuición y más absurdo aún, sin contar con procesos de interventoría o auditoría.

2. En el numeral 2.3 *Formulación del Problema*, una pregunta clara que es respondida con idoneidad, conocimiento y sustento científico a lo largo del documento.
3. En el *Capítulo II: Objetivos*, unos objetivos claros, bien enunciados y cumplibles, como se verifica al finalizar el estudio del documento.
4. En el *Capítulo III: Marco de Referencia*, unos referentes contextuales y teóricos bien documentados, interesantes para entender en dónde estamos y cómo debería estar ubicado un potencial emprendedor que a la fecha quisiera iniciar un proyecto de *fabricación industrial de Tableros contrachapados de alta densidad producidos con guadua Angustifolia laminada*.
5. Finalmente en los capítulos IV y V, una metodología y unos resultados que permiten orientar a posibles empresarios e industriales en su trabajo de proyectar una empresa exitosa en la transformación de guadua *Angustifolia* para la fabricación de *tableros contrachapados de alta densidad*.

Con base en lo anterior, encuentro en el documento *ESTUDIO DE FACTIBILIDAD TÉCNICA Y FINANCIERA DE PRODUCIR TABLONES DE ALTA DENSIDAD EN G.L.G.* los siguientes atributos:

Validez: Los argumentos científicos que soportan el documento del Ingeniero Néstor Mauricio Castañeda, son en mi concepto fuertes porque sustentan la posibilidad de hacer de la elaboración de *Tablonos de Guadua de Alta Densidad en G.L.G.* una actividad productiva, rentable bajo las condiciones en él expuestas, que permiten abrir la puerta a posibles inversionistas y con el valor agregado de la amigabilidad ambiental.

Fiabilidad: El documento ofrece información satisfactoria, necesaria y suficiente para prever buenos resultados en el desarrollo de una empresa que se aplique en la elaboración de *Tablonos de Guadua de Alta Densidad en G.L.G.*

Pertinencia: Queda expresado en el documento el punto de vista de la ingeniería, con mucho más de lo que los precursores (acertados o fallidos) de la industria de la guadua han “creído”, “imaginado”, “intuido”, “supuesto”, o “sospechado” pero cuyo éxito les ha sido esquivo en la mayoría de los casos por tener una mirada poco objetiva, poco preparada y sin el suficiente fundamento científico para poder garantizar el éxito, o al menos poder aproximarse a él. Por esta razón, la pertinencia del documento analizado, radica en que acerca a las personas que con muy buenas intenciones, pero sin los fundamentos necesarios han deseado iniciar un proyecto de transformación de la guadua para la producción de *tablones de alta densidad en G.L.G.*, al conocimiento necesario para poder dar, uno a uno, los pasos en la construcción de una industria que a todas luces es prometedora cuando se aplican los conceptos científicos necesarios para alcanzar el éxito, en momentos en que las exigencias de la sostenibilidad ambiental jalonan nuevos procesos de producción amigable y la elaboración de nuevos productos basados en materiales biodegradables, capaces de ofrecer iguales o mejores prestaciones que los utilizados por costumbre en sectores productivos determinados, como es el caso de las Vigas de Guadua, de altísima resistencia y de excelente desempeño mecánico, como sustituto del acero y el concreto, con una gigantesca huella de carbono, de las maderas taladas ilegalmente, cuya explotación atenta contra la sustentabilidad de las selvas tropicales húmedas que se tienen en países como Colombia, o de maderas licenciadas, cuyo rendimiento forestal es muy inferior al de la guadua, cuyo crecimiento permite un mejor ritmo en el flujo y la continuidad de la producción.

Contribución y Aporte: El documento hace diversos aportes para la implementación de procedimientos al momento en que un empresario desee darse a la tarea de elaborar *Tablones de Guadua de Alta Densidad en G.L.G.*, dentro de los cuales el más significativo a mi modo de ver, es que se constituye en sí mismo en una guía para abordar el proyecto con un enfoque claro y altas posibilidades de éxito.

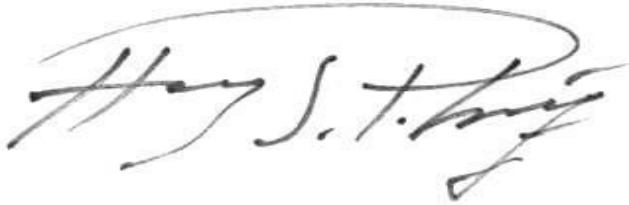
Congruencia y coherencia: Estas dos características se encuentran transversales a lo largo de todo el documento, tanto en el aspecto formal, en la presentación de los datos suministrados, como desde el punto de vista analítico donde los comparativos y las cifras son esenciales para facilitar la toma de decisiones, por ejemplo al momento de elegir una especie concreta de madera a sustituir (de manera viable).

Impacto: La aplicación de los resultados de la investigación que el documento en cuestión recoge, aporta los elementos de viabilidad para que las empresas del sector de la guadua, interesadas en hacer transformación industrial, aborden una metodología que en el corto plazo permita llevar al éxito sus esfuerzos, revirtiendo los resultados negativos que hasta el momento se han presentado, precisamente por no haber contado, con las herramientas adecuadas al propósito de hacer empresa basándose en los parámetros que permiten el acierto en la toma de decisiones y el paso a paso de la implementación.

Innovación: Hacer de un recurso forestal no maderable, (como la guadua, que es un pasto), un recurso con características, uso y desempeño de maderable, ya es de por sí innovador, sin

contar una sustitución a todas luces innovadora desde el punto de vista ambiental, eco sistémico e incluso social; pero en el caso del presente proyecto de investigación, se aportan los elementos científicos para que éste, que ha sido “el sueño” de muchos emprendedores que se han agotado en el intento de llevarlo a la realidad, pase del plano etéreo al campo concreto de la ingeniería industrial y de la ejecución de obras de ingeniería civil y mecánica, con claros aportes a la arquitectura y el diseño industrial.

Cordialmente,



ING. HENRY SOTO RAMÍREZ

Director de Ingeniería GEOPOLOS

Exdirector proyecto GuaduaViga, Funvida

Cel: 3007768383

e-mail: ingeniería@geopolos.com

Anexo 2 Evidencia fotográfica permiso visita a Induguadua.

para gerencia, Luis ▾

Santiago Mejía
Gerente
INDUGUADUA

Cordial saludo,

Soy el ingeniero Mauricio Castañeda, docente de la Facultad de Ingeniería de la Fundación Universitaria Católica Lumen Gentium de la ciudad de Cali. Dicha facultad tiene un grupo de investigación que reúne investigadores de las carreras de ingeniería que imparte la institución (ingeniería en sistemas e ingeniería industrial). Dentro de los proyectos desarrollado por este grupo de investigación se encuentra el proceso de producción de vigas estructurales con Guadua GLG el cual es liderado por el semillero de investigación MEFAI.

De la manera mas cordial le solicitamos que nos permita realizar una visita a sus instalaciones, el sábado 26 de agosto del presente año, con el objetivo de conocer de primera mano los procesos de producción de la guadua.

La visita también tendría como objetivo conocer los productos que ustedes ofrecen y que nos puedan interesar como materia prima para nuestra investigación.

Gracias por su atención .

Att Nestor Mauricio Castañeda

Santiago Mejía Henao <santiago_mejia@coomeva.com.co> 19/8/17 ☆ ↶ ▾
para Francisco, mí, Luis ▾

Con el mayor gusto.
Favor coordinar visita con Francisco.

Santiago Mejía H.

NESTOR MAURICIO CASTANEDA PENARANDA <ncastaneda@unicatolica.edu.co> 23/8/17 ☆ ↶ ▾
para Santiago, Francisco ▾

Buenas tardes, me podrían regalar el contacto del ingeniero a cargo para coordinar la visita

Muchas gracias
Att Mauricio Castañeda

Anexo 3 Evidencia fotográfica Visita Funvida.



Anexo 4 Evidencia Fotográfica visita Induguadua y Ecotableros



BIBLIOGRAFÍA

- ANA LÓPEZ. (2013, August 22). Crece la polémica por el uso de la guadua. *REVISTA SEMANA*. Retrieved from <http://www.semana.com/nacion/articulo/crece-polemica-uso-gadua/354909-3>
- Arango, A. M. (2015). Huella de carbono y aproximación a la definición de sostenibilidad del recurso Guadua. Caso de estudio finca Yarima Pereira, 1, 7–10. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Caba, N., Chamorro, O., & Fontalvo, T. (2010). *Gestión de la Producción y Operaciones*.
- Castañeda Farfán, M. L. (2016). *Informe diagnóstico cadena de la guadua y su industria*.
- Castañeda Peñaranda, N. M., & Valencia, G. (2013). Diseño Prensa Calefactora De platos Verticales.
- Correal, J. F., Echeverry, J. S., Ramírez, F., & Yamín, L. E. (2014). Experimental evaluation of physical and mechanical properties of Glued Laminated Guadua angustifolia Kunth. *Construction and Building Materials*, 73, 105–112. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.09.056>
- Departamento Administrativo Nacional de Estadística Dirección de Síntesis y Cuentas Nacionales (DANE). (2013). *Actualización del cálculo piloto del flujo de productos del bosque*.
- Dixon, P. G., Ahvenainen, P., Aijazi, A. N., Chen, S. H., Lin, S., Augusciak, P. K., ... Gibson, L. J. (2015). Comparison of the structure and flexural properties of Moso, Guadua and Tre Gai bamboo. *Construction and Building Materials*, 90, 11–17. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.04.042>
- Galvis, P. A., & Rodríguez, S. E. (2007). Tratamiento físico-químico a la guadua (bambusa guadua) para la producción de baldosas por el método de laminado pegado, 1–108. Retrieved from <http://repositorio.uis.edu.co/jspui/bitstream/123456789/548/2/124001.pdf>
- Germán, D., & Muñoz, A. (2009). Los 10 pilares del mercadeo. *Revista Soluciones de Posgrado EIA*, (3), 161–176.
- H. Hajjha and M.Sain. (2015). *The use of sugarcane bagasse fi bres as reinforcements in composites*. <https://doi.org/10.1533/9781782421276.4.525>
- Johana, Y., Bravo, M., Vinicio, J., Solórzano, S., Israel, P., López, G., ... El, P. (2017). FACTIBILIDAD PARA IMPLEMENTAR PLANTA PROCESADORA Y COMERCIALIZADORA DE CAFÉ EN EL CANTÓN 24 DE MAYO A STUDY OF THE FEASIBILITY OF IMPLEMENTING A COFFEE PROCCESING AND

MARKETING PLANT IN THE MUNICIPALITY OF 24 DE MAYO, 8(1), 67–75.

- Kumar, A., Vlach, T., Laiblova, L., Hrouda, M., Kasal, B., Tywoniak, J., & Hajek, P. (2016). Engineered bamboo scrimber : Influence of density on the mechanical and water absorption properties. *Construction and Building Materials*, 127, 815–827. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.10.069>
- Maya Echeverry, J. M., Camargo García, C. J., & Marino Mosquera, O. (2017). CARACTERISTICAS DE LOS CULMOS DE GUADUA DE ACUERDO AL SITIO Y SU ESTADO DE MADUREZ Characteristics of Guadua culms according to site and stage of maturity, 20(2), 171–180.
- Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural Ministerio de Agricultura y Desarrollo Rural (MinAgricultura). (2017). *Indicadores e Instrumentos Junio 2017 Indicadores Generales*.
- Montoya Moreno, E. L., Serna Osorio, R. L., & Trujillo De Lo Ríos, E. E. (2006). Estudio de las propiedades mecánicas de haces de fibra de Guadua angustifolia.
- Nieto, C., & Autónoma, Corporación, F. (Cvc). (2002). *DEFINICIÓN TÉCNICA DE UN RÉGIMEN DE APROVECHAMIENTO DE BOSQUES DE GUADUA (Guadua angustifolia Kunth) Y SU INCIDENCIA EN LA SOSTENIBILIDAD, SANIDAD Y RENTABILIDAD DEL RECURSO. EXPERIENCIAS EN EL DEPARTAMENTO DEL VALLE DEL CAUCA, COLOMBIA.1*.
- Nugroho, N., & Ando, N. (2000). Development of structural composite products made from bamboo I: fundamental properties of bamboo zephyr board. *Journal of Wood Science*, 46(April 1999), 68–74. <https://doi.org/10.1007/BF00779556>
- OCDE. (n.d.). Herramientas para la evaluación de la competencia.
- Pablo, F. (2011). WACC:Definicion,interpretaciones equivocadas y errores, 3.
- Pazos solarte, leonardo. (2001). Facultad de Ciencias de la Administración Manual Resumido de Gestión de Proyectos, (1), 1–12.
- Pérez Olivera, H. A., & Villalobos Toro, B. I. (2010). Análisis competitivo del sector madera y muebles de la ciudad de barranquilla, 6(6).
- Restrepo, Á., Becerra, R., & Tibaquirá G., J. E. (2015). Energetic and carbon footprint analysis in manufacturing process of bamboo boards in Colombia. *Journal of Cleaner Production*, 126, 563–571. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.02.144>
- Salas, E. (2006). La Guadua angustifolia “El Bambú Colombiano.” *Actualidad Y Futuro de La Arquitectura de Bambú En Colombia*, 81.

- Salas Delgado, E. (2006). Actualidad y futuro de la arquitectura de bambú en Colombia. Capítulo 6. Simón Vélez, Símbolo y búsqueda de lo primitivo., 125–248.
- Salazar, B. (2014). *Estudio del trabajo*. Retrieved from <http://ingenierosindustriales.jimdo.com/herramientas-para-el-ingeniero-industrial/estudio-del-trabajo/%3E>
- Ursina, G. B. (2007). *Cuarta edición*. Retrieved from <https://erods.files.wordpress.com/2013/02/fundamentos-de-ingenierc3ada-econc3b3mica-gabriel-baca-urbina.pdf%5Cnhttps://erods.files.wordpress.com/2013/02/fundamentos-de-ingenierc3ada-econc3b3mica-gabriel-baca-urbina.pdf>
- Velazquez Velazquez Elizabeth. (2012). *Canales de Distribucion y Logistica*.
- Viafara Carabail, E. (2013). *DESCRIPCIÓN DE LA PRODUCCIÓN Y POTENCIALIDAD DE LA GUADUA EN EL VALLE DEL CAUCA*.
- Vicente, J., Fraz, R., & Moreira, F. (2018). Sustainable Product Design and the Wood Furniture Sector, 3. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-60582-1>
- Vogtländerr, J., Van Der Lugt, P., & Brezet, H. (2010). The sustainability of bamboo products for local and Western European applications. LCAs and land-use. *Journal of Cleaner Production*, 18(13), 1260–1269. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2010.04.015>