 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMA DE SEPARACIÓN DE MATERIAL ALUCOBOND

JUAN DIEGO RAMIREZ MUNERA

INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA

Director(es) del trabajo de grado

Pedro Nel Alvarado

INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO

8 de Julio del 2017

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESUMEN

El objetivo principal es diseñar y construir una máquina para la separación del compuesto Alucobond, utilizando un método de separación termo- mecánico, con el propósito de dar reutilización a cada uno de los elementos del compuesto (2 placas de aluminio y 1 de polietileno de baja y alta densidad), disminuir la capacidad instalada de estos desechos y ganancia económica por venta de este material. A partir de las búsqueda de información referente al compuesto Alucobond, y los diferentes métodos de separación que se pueden obtener en estructuras tipo “Sándwich”, que son similares al compuesto a tratar, asimismo destacando los métodos de separación química, mecánica y termo-mecánica. Se consultará además de lo anterior, las diferentes reglamentaciones que se tiene respecto a la recuperación de materias primas industriales y los diferentes entes asociados para tal fin en Colombia. Una vez estudiadas las diferentes técnicas de separación se procede a seleccionar la técnica más conveniente. Luego se procede a realizar los cálculos de diseño y finalmente se procede a realizar los planos de fabricación. El sistema de separación tiene una efectividad del 90%, inicialmente el kilo de material Alucobond se vendía como materia de desecho a \$600, en la actualidad se vende el material en sus componentes (aluminio y polietileno) en un precio de \$3600 el kilo. Además se redujo el envío de desechos a las plantas de rellenos sanitarios.

Palabras claves: Alucobond, Sistemas de separación, transferencia de calor, aluminio, polietileno, transmisión de potencia mecánica.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RECONOCIMIENTOS

Enfocando mis agradecimientos a Dios y a mis padres quien han sido la fuente de inspiración para entablar en el día a día la ardua labor y el incentivo necesario para dar el esfuerzo de llevar a cabo mis metas y objetivos propuestos, a los cuales he de agradecer por su gran valor para sobreponer cual infinidad de obstáculos o toda adversidad, aumentando aún más mi fuente de inspiración, al Instituto Tecnológico Metropolitano y toda su fuente de educadores quienes han formado en mí una persona más sabia, llena de conocimientos propios y adquiridos quien no tendrá como agradecer tan alto beneficio, a la empresa Selco S.A. quienes manifestaron el apoyo y confianza necesaria para generar un valor agregado a uno de sus procesos con el fin de reducir el impacto ambiental. Y a todos aquellos que de alguna manera formaron en mí una enseñanza y visión de vida.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ACRÓNIMOS

U = Energía Interna.

E_{ent}° = Energía entrada al sistema.

E_{sal}° = Energía Salida del Sistema.

$\Delta E_{sistema}$ = Cambio de Energía Interna del Sistema

$Q_{cond.}^{\circ}$ = Transferencia de calor por Conducción.

k = Contante de Proporcionalidad del material "Conductividad térmica".

A = Área superficial.

ΔT = Relación de Temperatura.

Δx = Relación de Distancia.

Q_{conv}° = Transferencia de calor por Convección.

h = Coeficiente de transferencia de calor por convección.

A_s = Área Superficial.

T_s = Temperatura de la Superficie.

T_{∞} = Temperatura suministrada.

$Q_{emitida}^{\circ}$ = Transferencia de calor por Radiación.

ε = Emisividad de la superficie.

σ = Constante de Stefan-Boltzman.

C = Distancia entre Centros.

F = Fuerza

σ = Esfuerzo

K_t = Coeficiente de concentración de esfuerzos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

M = Momento Máximo.

S'_n = Esfuerzo a la fatiga del Material.

N = Factor de Diseño.

S'_n = Resistencia a la fatiga en función de la resistencia del Material.

C_m = Factor Del Material.

C_{ST} = Factor por tipo de Esfuerzo.

C_R = Factor confiabilidad.

C_S = Factor Por tamaño.

P_d = Fuerza de Diseño.

V = Factor de Rotación.

R = Fuerza Calculada.

h = Horas de utilización según aplicación final.

RPM = Revoluciones por Minuto.

τ_{max} = Esfuerzo Cortante Máximo.

T = Par de Torsión.

c = Radio de La superficie externa

J = Momento de Inercia.

D = Diámetro de Piñón o Catalina.

D_1 = Diámetro del Piñón.

D_2 = Diámetro de la Catalina.

N = Numero dientes de la Catalina.

N_1 = Numero de dientes de la catalina Menor

N_2 = Numero de dientes de la Catalina Mayor.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

p = Paso de la cadena.

L = Longitud de la Cadena.

C = Distancia entre centros.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	8
2. MARCO TEÓRICO	12
3. METODOLOGÍA.....	22
4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....	25
5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	95
REFERENCIAS	97
APÉNDICE.....	100

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Alucobond “Su nombre lo dice todo” (Cooper, 2013).

El Alucobond goza de buena reputación bajo los criterios de diseño por la composición de material por aluminio ACM “Aluminium composite Material”; fue creado alrededor de 1963 aproximadamente, fabricado por la empresa 3A COMPOSITES de Estados Unidos distribuido a demás filiales con su propio nombre en planta de Alucobond, citando los mayores avances del compuesto en el sector de diseño arquitectónico, arquitectura, y obras civiles mejorando sus calidades y servicios basados en la excelencia y servicio, ya que no solo las compañías se enfocan en desarrollar el producto, si no también darle las formas predeterminadas para las diferentes locaciones en obras civiles y arquitectónicas.

Para el presidente de la fábrica 3A COMPOSITIES USA, (Cooper, 2013). *“la compañía genera para él un gran orgullo por las capacidades que sus productos de transformar materiales reciclables en productos de vanguardia para la rama de la construcción y afines, convirtiéndose en uno de los materiales de revestimiento arquitectónico y de fachadas más importante en el mundo, ayudando a fortalecer el mercado de la construcción en América del Norte”*; dando con esto la superación de nuevas tecnologías propias de los materiales de vanguardia en la búsqueda de innovaciones arquitectónicas para el revestimiento y fachadas satisfaciendo y dando el respaldo las necesidades de sus clientes.

El Alucobond (Figura 1) está conformado por dos láminas de aluminio de 0,02 pulgadas “0,5 milímetros”; de revestimiento de aluminio termo fijadas a un núcleo de polietileno que puede estipularse por 3,4 y hasta 6 milímetros en su espesor. El material es conocido por sus cualidades en la reducción de peso; excepcional tecnología y planitud, la versatilidad en obras estructurales, las buenas capacidades de juntas entre placas; comparado con

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

elementos convencionales como el ladrillo y el cemento. Las especificaciones técnicas del producto en versión de la casa matriz 3A COMPOSITITIES USA, en referencia de ALUCOBOND, se muestra a continuación.



Figura 1 “COMPONENTES ALUCOBOND” (3A Composites USA Inc, 2015).

Las fichas generales para asociar otras propiedades del material se describen a continuación:

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO

- Dos capas de aluminio en los exteriores, he interior para asegurar la rigidez de la placa.
- Núcleo de Polietileno (PE) en espesores de 3mm, 4 mm y 6 mm.

Descripción del Producto (3A Composites USA Inc, 2015)

MEDIDAS DE PLACAS

- El ancho estándar de la placa recubierta situada 50 pulgadas ó 62 pulgadas.
- El ancho estándar de la placa anodizada dada en 62 pulgadas.
- Ancho estándar de 40 Pulgadas.

Medidas de Placas (3A Composites USA Inc, 2015)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

LONGITUD DE LAS PLACAS

- Longitud estándar de la placa de 146 pulgadas y 196 pulgadas.
- Longitud por encargo para la placa recubierta como máximo 360 pulgadas.
- Longitud por encargo para la placa anodizada como máximo 216 pulgadas.

Longitud de placas (3A Composites USA Inc, 2015).

RADIO MINIMO DE CURVATURA

El radio mínimo de doblamiento para el Alucobond PE sin despliegue del interior de la pieza, es 15 veces más del espesor del material.

Radio mínimo de curvatura (3A Composites USA Inc, 2015)

Adicionalmente, por la representación de la casa matriz para Colombia dada con el nombre de Selco SA, se han asociado a ella la siguiente ficha técnica característica al producto Alucobond (Figura 2).



Figura 2. “GENERALIDADES ALUCOBOND POR SELCO SA” (Selco SA, 2016)

1.2 Planteamiento del problema

Con el pasar de los tiempos en el gremio de la construcción, se han venido presentando soluciones rentables para los diferentes problemas subyacentes de los diferentes

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

materiales usados en fachadas, en mampostería y vidrio. Los problemas asociados son inestabilidades en estructuras, sobreesfuerzos en los materiales debidos a pesos específicos altos, limitaciones estéticas en los diseños, entre otros. Resolver estos problemas ha representado un reto importante, debido a que se ocasiona un costo elevado en el proceso de construcción, un tiempo excesivo en la ejecución por parte de la mano de obra y además se dificultan las opciones de búsqueda del personal calificado para estas actividades propias del proceso de construcción.

En base en lo anterior se presentó una mejora sustancial para los procesos de construcción en la modalidad de fachadas en mampostería y vidrio mediante el uso del material denominado con el nombre de Alucobond, material compuesto por una capa de aluminio y polietileno de alta densidad y baja densidad, garantizando estabilidad estructural, acabados de alta calidad, peso muy inferior en comparación con las antiguas formas de realización de estas actividades de mampostería y fachadas en vidrio.

En virtud de hacer cortes especializados enfocados a los clientes, las diferentes empresas han generado residuos propios por este proceso, a lo cual han generado valor agregado a las cooperativas de reciclaje pero con el agravante de no tener más recolección del mismo por no tener una buena fuente de separación del compuesto Alucobond en sus componentes, ya que para poder reutilizar los elementos que componen el Alucobond es necesario la separación propia de este elementos en sus componentes fijos como lo son el aluminio y el polietileno de alta y baja densidad. Por consiguiente han tenido que pagar multas excesivas por exceso de material contaminante y no realizar la separación primaria. Esto constituye un problema que puede ser resuelto mediante la aplicación de métodos de separación, los cuales se describen a continuación.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte.

A continuación se nombran y describen los métodos de separación más comunes de materiales con estructura tipo “sandwich” similares al Alucobond. Esto con el objetivo de determinar cuál método es más adecuado para la separación de éste en sus componentes.

2.1.1 Método de separación a través compuestos químicos.

Basados en la búsqueda de información tanto en la academia como en la industria, se encontró que no se tiene un proceso propio para la separación del compuesto Alucobond con compuestos químicos. Se pudo establecer que hay un proceso similar de separación, pero en materiales de uso doméstico y de alimentos, compuestos tipos “sándwich” de tres capas (Figura 3), una de esas capas es de polietileno “Polyethylene” (PE), el centro es una capa de “Aluminio” y el otro lado de tereftalato polietileno “Polyethylene terephthalate (PET), formando una estructura denominada “Multilayer film” (Fávaro, Freitas, Ganzerli, Pereira, Cardozo, & Baron, 2013).

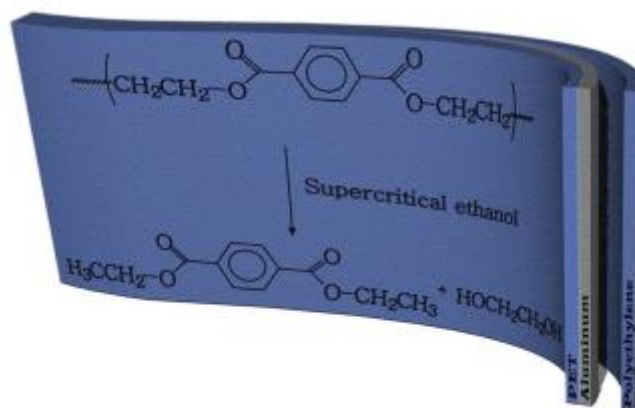


Figura 3. COMPOSICIÓN PLACA PET-ALUMINIUM-POLYETHYLENE (Fávaro, Freitas, Ganzerli, Pereira, Cardozo, & Baron, 2013)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

En (Fávaro, Freitas, Ganzerli, Pereira, Cardozo, & Baron, 2013) se realizan diferentes procedimientos para la separación del conjunto “Multilayer film” basados en primera instancia en la separación del polietileno “Polyethylene” (PE) con acetona. Luego para la depolimerización del tereftalato de polietileno “Polyethylene terephthalate (PET) se usa etanol en condiciones críticas, dando como producto principal el Tereftalato de Dietilo “Diethyl Terephthalate” (DET), en una dureza y pureza del 80%. Para purificar los componentes se repite de nuevo el proceso con etanol en condiciones críticas. Se recalca que los tiempos de separación estuvieron alrededor de 120 minutos para la separación de una placa con dimensiones: ancho 200 milímetros por 300 milímetros de largo. Basados en los métodos de Espectroscopia Infrarroja “FTIR”; espectroscopia HRMN, y análisis termo gravimétrico (DSC Y TGA) se identificaron los productos finales. Diseñando y dando creación al proceso y análisis de resultados destacando las siguientes gráficas (Figuras 4-7) donde se puede apreciar que el proceso de separación fue exitoso(Fávaro, Freitas, Ganzerli, Pereira, Cardozo, & Baron, 2013).

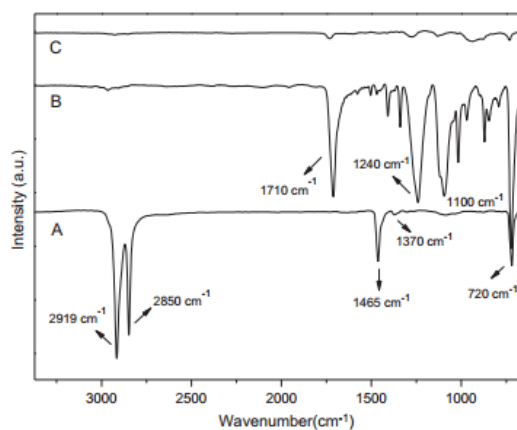


Figura 4. ESPECTROSCOPIA INFRARROJO DE POLIMEROS “FTIR” A) PE, B) PET-lado 1 (PET SIN ALUMINIO); C) PET lado 2 (Cubierto de Aluminio). (Fávaro, Freitas, Ganzerli, Pereira, Cardozo, & Baron, 2013).

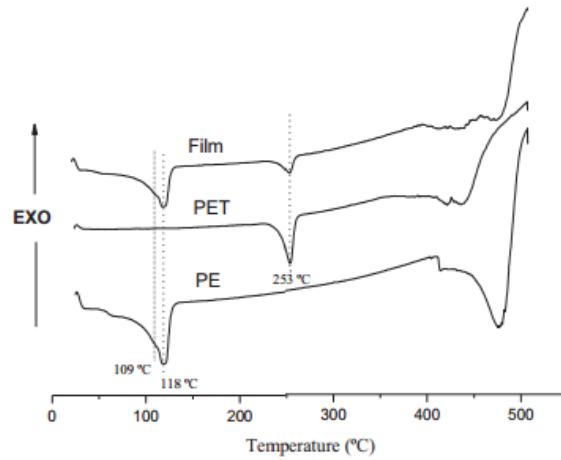


Figura 5. CURVA DSC PARA PELICULA, PE (DELAMITADO) Y PET (DELAMITADO). (Fávaro, Freitas, Ganzerli, Pereira, Cardozo, & Baron, 2013).

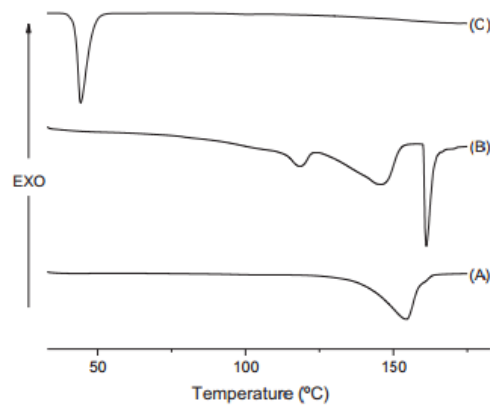


Figura 6. CURVAS DSC DE ETANÓLISIS DESPUES DE A) 30Min, B) 60Min, C) 120 Min. En reacción. (Fávaro, Freitas, Ganzerli, Pereira, Cardozo, & Baron, 2013).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

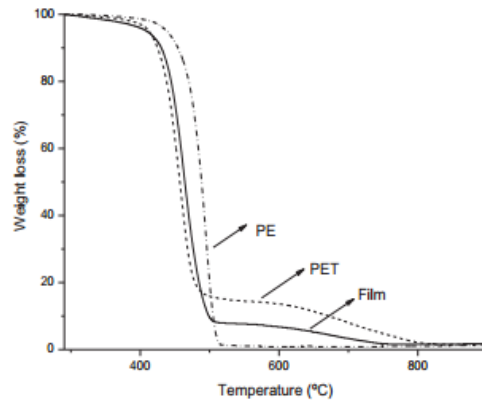


Figura 7. ANALISIS DE PELICULA TSG, PE (DELAMITADO) Y PET (DELAMIDADO). (Fávaro, Freitas, Ganzerli, Pereira, Cardozo, & Baron, 2013).

Para el proceso de separación el autor realiza una afirmación acerca de la dificultad para realizar la separación del producto “Multilayer film”, “Debido a que los polímeros tenidos en el compuesto son muy similares tanto en su composición química como en sus propiedades, además de su forma y colocación en la placa central con el aluminio, enunciando que tanto el Tereftalato de polietileno “Polyethylene terephthalate (PET), como el polietileno “Polyethylene” (PE) se vuelven contaminantes del aluminio debido a quedan remanentes de éstos en las placas” (Fávaro, Freitas, Ganzerli, Pereira, Cardozo, & Baron, 2013). También precisa el autor que a un cambio mínimo a los estándares citados para la temperatura y la presión puede afectar significativamente la separación del conjunto “Multilayer film”.

Para las diferentes operaciones se deberá tener la sofisticada maquinaria para realizar la separación, los cuales se componen de: un horno y un reactor. El horno se utiliza en la primera etapa para la separación de la capa de polietileno “Polyethylene” (PE) y el aluminio; en el cual se establecerá una temperatura de proceso de 60°C, para la segunda etapa denominada la despolimerización entre el tereftalato polietileno “Polyethylene terephthalate (PET) y el aluminio, es necesario un reactor capaz de establecer las presiones entre 6,14-11,65 MPa a temperatura 241-255°C, con la concentración del etanol en estado

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

crítico durante unos ciclos de 30, 60 y 120 minutos. (Fávaro, Freitas, Ganzerli, Pereira, Cardozo, & Baron, 2013).

Las desventajas de este método es que es muy costoso, se requiere una infraestructura complicada y en adición, se pueden generar residuos químicos cuyo tratamiento es complejo lo cual generaría un problema adicional al de la separación del material tipo “sandwich”.

2.1.2 Método a través Separación Mecánica.

En la búsqueda de información se pudo establecer un método realizado por una empresa de nacionalidad China denominada Taizhou Guanglong Wire Stripping Machine Manufacture Co LTDA. En esta empresa usan una máquina cuya referencia es M300, establecida para la separación de paneles de espesor total de 3 milímetros, con 0,15 milímetros de espesor en aluminio, el cual se compone de módulos para realizar el proceso por separación mecánica (Figura 8). El módulo principal del equipo se compone de una máquina de separación por rodillos; el material tipo “sándwich” es ingresado a este módulo después de haber pasado por un proceso previo donde se separan las puntas de las placas por aproximadamente 3 cm con la ayuda de vapor. Una desventaja de esta máquina es que el vapor se usa sólo para la etapa inicial y no para todo el proceso. Por lo cual no se obtiene una buena eficiencia de la separación.



Figura 8. MODULO MAQUINA SEPARADOR. (TAIZHOU GUANGLONG WIRE STRIPPING MACHINE MANUFACTURING CO., 2017).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Además el proveedor proporciona mayor información importante como la apuntamos a continuación:

- a) La capacidad para producción a 8 horas de trabajo es de 3000 Kilogramos de placa.
- b) Separador: 1 set, motor de 3 KW, medidas como largo 1100 milímetros x ancho 1050 milímetros x altura 1000 milímetros, con un peso de 400 Kilogramos.
- c) Costo de oferta en dólares entre 6000-6500 USD
- d) Pago por adelanto.
- e) Términos comerciales FOB, CFR, CIF.

Tomado de: (TAIZHOU GUANGLONG WIRE STRIPPING MACHINE MANUFACTURING CO., 2017)

2.1.3 Método a través Separación termo-mecánica.

Mediante este método se usa calor para lograr la separación total del material tipo “sándwich” en sus componentes. Este método es más completo que el anterior debido a que se obtienen mejores eficiencias en la separación. Como ejemplo en el centro de distribución en Estados Unidos expresan la posibilidad de reciclar en sus procesos de fabricación las láminas de Alucobond a través de procesos de Extrusión y temperatura (ALUCOBOND®, 2012-2016), enunciado también en la Asociación Europea de aluminio “European Aluminium Association” en su libro “Sustainability Of Aluminum In Buildings”. (Aluminum Association European, 2016) Quienes a través de la búsqueda de alternativas para producciones limpias y sostenibles para la edificación, han identificado basados en la patente US20070028432 (Figura 9) (Evans, May, Peace, & Smith, Feb 8, 2007); un mecanismo termo mecánico propio para el beneficio de recuperación de la lámina de junta entre metales que en este caso es aluminio y polímero.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Consta de un sistema de extrusión a través de rodillos, y una fuente de calor hacia las placas de aluminio por lado y lado, seguido de molino para la degradación tanto del aluminio como el polímero para el vertimiento nuevamente en el proceso de fundición de cada uno.

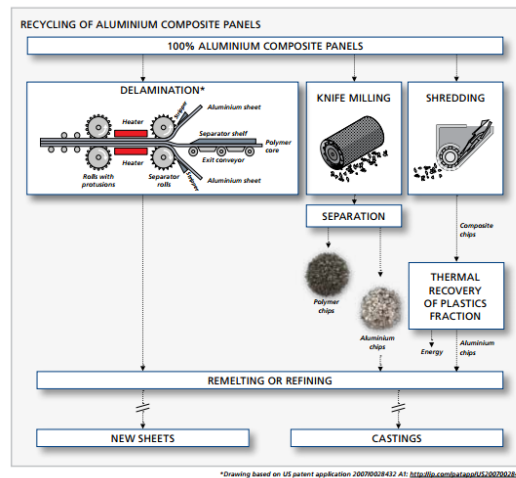


Figura 9. PATENTE US20070028432 (Evans, May, Peace, & Smith, Feb 8, 2007).

2.1.4 Caso colombiano, planteamiento del problema específico.

Se recalca que en Colombia no se encuentran patentes o mecanismos propios para la separación de la placa denominada Alucobond, por lo que sería algo único para el sector empresarial desarrollar trabajos amigables con el medio ambiente, encaminados a la separación de estos materiales. Actualmente la empresa con la capacidad y la autorización para vender y suministrar este producto para Colombia y países cercanos a la región latinoamericana en representación de la casa matriz se denomina como Selco SA, empresa líder en el mercado de la construcción especializado en comercializar productos tecnológicos de alta vanguardia. En las siguientes fotografías se muestran las placas de Alucobond en una bodega de la empresa Selco SA.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

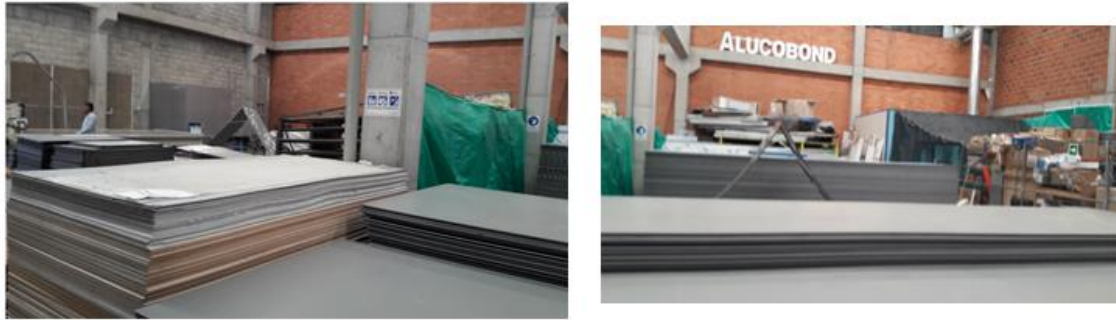


Figura 10. Placas Alucobond en la empresa Selco SA. (Fuente: Autor).

Sin embargo, la empresa genera en sus procesos especialmente de corte y seccionado de los diferentes modelos propios y en visión de sus clientes, la producción de un excedente de este material, generando para el ambiente y para los procesos de re utilización de este compuesto una falla derivada del impedimento de separar, y por consiguiente la no reutilización de cada uno de los materiales que hacen la fusión del material Alucobond (Figura 11).



Figura 11. Excedentes en la empresa Selco. (Fuente: Autor).

Por tal motivo el Área Metropolitana ; Organismo encargado de velar por las buenas prácticas Ambientales y reguladora de los procesos entablados como desechos industriales, comerciales, locales de reutilización y depósito de desechos, estandarizados en la resolución 4741 del 2005, además soportada en las facultades del ministerio del medio ambiente, vivienda y desarrollo territorial consagradas en el numeral 2, 10, 11, 14 y 15 del artículo 5 de la ley 99 del 1993, además de las establecidas en los decretos 2676 del 200, el

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

1713 del 2002; el 216 2003, y el 2981 2013 puede sancionar o cobrar por la generación de residuos no reutilizables y peligrosos para el medio ambiente. Teniendo en cuenta lo anterior, se plantea realizar un diseño, modelo y sistematización de un sistema electromecánico que ayude a separar para la posterior reutilización de los componentes establecidos en el compuesto ALUCOBOND como lo son el aluminio y el polietileno de baja y alta densidad, generando el valor agregado adicional por la venta de estos elementos reutilizables y las buenas prácticas ambientales.

En cuanto a los procesos de separación se nombran a continuación algunas desventajas: en el caso de la separación por el método mecánico o separador de aluminio en paneles compuestos, (TAIZHOU GUANGLONG WIRE STRIPPING MACHINE MANUFACTURING CO., 2017) es un método con el cual no se obtiene una buena pureza en las placas de aluminio debido a la presencia de remanentes poliméricos. En comparación con el proceso de separación por métodos químicos se citan varios factores críticos que establecerían inconvenientes para nuestro proyecto: tiempo de respuesta, se necesitaría una maquina muy sofisticada para la realización de los ciclos con solventes (ejemplo etanol) y adicionalmente personal idóneo para manipulación de la misma incluyendo las diferentes variables de presión y temperatura. Todo lo anterior repercute en mayores costos de operación.

Enfocados en los comentarios anteriores se pretende desarrollar un método, y la fabricación de un sistema para la separación de metales tipo “sándwich” con aluminio y materiales poliméricos. El método escogido es el térmico - mecánico similar al establecido por la Asociación Europea de aluminio “European Aluminium Association” (Aluminum Association European, 2016) como también al especificado en la planta citada en Estados Unidos en su enfoque de energías renovables (ALUCOBOND®, 2012-2016). A continuación se plantean los objetivos de esta propuesta de trabajo de grado.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

2.2 OBJETIVOS

2.2.1 General

Diseñar e implementar un sistema de separación basado en los principios termodinámicos, de transferencia de calor y de diseño mecánico, definiendo un conjunto electromecánico para la separación del compuesto ALUCOBOND en sus componentes. Esto con el fin de mitigar el impacto ambiental e incrementar el beneficio económico de la empresa Selco S.A.

2.2.2 Específicos

- Identificar los diferentes procesos para la separación de los componentes compuesto Alucobond.
- Diseñar y calcular un sistema electromecánico que permita separar los compuestos del Alucobond.
- Elaborar los planos Mecánicos, eléctricos y de control del sistema separador de Alucobond.
- Construir el sistema Electromecánico que permita separar los componentes del Alucobond.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

3 METODOLOGÍA

Búsqueda y adquisición de información

Para analizar las diferentes propiedades físicas del ALUCOBOND, se solicitará la documentación pertinente que ayude a determinar las propiedades mecánicas, térmicas y métricas del material, a la casa matriz 3A COMPOSITITIES USA. Teniendo en cuenta las diferentes técnicas que pueden existir para la separación de materiales de unión metal y compuestos poliméricos Con lo anterior, se visitará la empresa Selco SA en Colombia, para la adquisición de datos significativos para el proyecto de separación como son:

- Las temperaturas en sitio (bodega de almacenamiento del material).
- Cantidades establecida en los excedentes de ALUCOBOND.
- Medidas por cantidad del compuesto a recuperar.

Se realizara búsqueda de los diferentes métodos establecidos a nivel global para las diferentes asociaciones a la modalidad de separación de compuestos de igual índole al del Alucobond, con el fin de establecer el mejor mecanismo para dar separación del compuesto Alucobond en sus derivados, basándonos en la efectividad, los procesos que reproduce cada uno, los costos y el impacto frente al medio ambiente.

Teniendo en cuenta toda la información obtenida en esta sección metodológica se plantearan los diferentes teoremas o fundamentos mecánicos, térmicos, y electromecánicos que permitan solucionar teóricamente la separación del compuesto ALUCOBOND.

Diseño del sistema de separación del material ALUCOBOND

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Con base en lo anterior, se diseñará a partir de los principios de transferencia de calor, asociaciones propias de los datos obtenidos y plasmados para el compuesto Alucobond como es el caso de sus propiedades mecánicas, métricas y térmicas, anotado la comunicación constante con el departamento de Gerencia y producción de la empresa Selco SA, para entablar la participación constante he inclusión en las diferentes opciones o cambios posibles, generando en el mejor de los casos sincronismo en el estándar de costos; la mejora en el presupuesto de fabricación y la asertividad con la solución del diseño del separación del compuesto ALUCOBOND. El diseño del sistema de separación consta de los siguientes pasos:

- 1) Para el dimensionamiento y operación del sistema de separación (horno-sistema electromecánico) del ALUCOBOND se realizarán cálculos de transferencia de calor mediante los mecanismos de radiación, convección y conducción. Basados en la información de transferencia de calor se obtendrán también las condiciones del quemador a utilizar. El combustible será determinado basados en condiciones estructurales de la empresa Selco S.A.
- 2) Se determinará el material más óptimo para las paredes y para el aislamiento del horno.
- 3) Se realizarán compuertas para actividades de mantenimiento y monitoreo visual al interior del sistema. Adicionalmente, las compuertas permitirán el ingreso del ALUCOBOND y la salida del material caliente.
- 4) Se caracterizará la temperatura interna a la cual será sometido el material ALUCOBOND para su separación.
- 5) Como cuarta Instancia se construirá un mecanismo capaz de generar compresión (giro y presión por medio de rodillos) de la placa del material compuesto ALUCOBOND, para el desprendimiento de placas por este fenómeno.
- 6) En última instancia se diseñará un mecanismo para generar traslación del mecanismo generador de la fuerza longitudinal a la placa y giro, para generar un constante ciclo de separación del ALUCOBOND.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Finalmente, la empresa Selco S.A. proporcionará información sobre el valor agregado obtenido al incorporar una etapa de separación del material ALUCOBOND en sus procesos. La Figura 12 muestra un esquema de un diseño preliminar del sistema de separación.

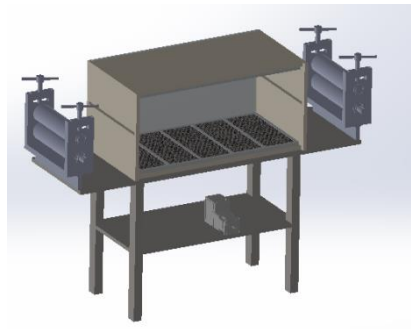


Figura 12. Diseño preliminar. (Fuente: Autor)

Nota: la construcción del sistema térmico y del sistema de separación será realizada por personal idóneo externo a la empresa Selco S.A. con previa autorización de la misma.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Con el objetivo de analizar las diferentes propiedades físicas del ALUCOBOND, se solicitó la documentación pertinente que ayude a determinar las propiedades mecánicas, térmicas y métricas del material, a la casa matriz 3A COMPOSITITIES USA. Esta información se encuentra localizada en el ANEXO 1. A continuación se describe información local de la empresa.

4.1 Recolección de información local en la empresa Selco S.A.

4.1.1 Temperatura.

Una de los parámetros a establecer definido termodinámicamente como la temperatura de los alrededores, fuente de análisis particular para las ecuaciones posibles a tratar como la temperatura de los alrededores “ $T_{\text{Alrededores}}$ ” definida como la temperatura que abarca otro sistema en su interior, definida en muchos libros como “ $T_{\text{Alrededores}}$ ”. (Çengel & Boles, 2006).

Para esto hemos definido una toma de medidas en las instalaciones de Selco SA con el fin de determinar la temperatura en Bodega, citando datos en la siguiente tabla:

Tabla 1. MEDICIÓN TEMPERATURA INSTALACIONES SELCO S.A. “Fuente Autor”.

FECHA	24.01.2017	FECHA	02.01.2017	FECHA	06.01.2017
HORA	TEMPERATURA [°C]	HORA	TEMPERATURA [°C]	HORA	TEMPERATURA [°C]
7:00	20.6	7:00	18.6	7:00	19.1
8:00	21.2	8:00	19.5	8:00	20.4
9:00	23.3	9:00	23.4	9:00	22.6
10:00	24.1	10:00	24.5	10:00	24.1
11:00	25.6	11:00	24.9	11:00	24.9
12:00	26.2	12:00	25.6	12:00	25.4
13:00	28.1	13:00	27.1	13:00	26.7
14:00	29.3	14:00	28.5	14:00	27.5

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

15:00	28.1	15:00	28.1	15:00	28.2
16:00	26.3	16:00	26.7	16:00	27.7
17:00	25.2	17:00	25.6	17:00	26.8
18:00	25.6	18:00	25.5	18:00	26.1
19:00	25.1	19:00	25.3	19:00	25.6
20:00	24.3	20:00	25.2	20:00	24.8
PROMEDIO	25.21	PROMEDIO	24.89	PROMEDIO	24.99

PROMEDIO General	25.03 [°C]
------------------	------------

Las diferentes temperaturas fueron tomadas con termómetro infrarrojo marca UNI-T de referencia UT300, con capacidad de medición en rango desde -18°C hasta 280°C, resolución de 0.1°C, con una distorsión en relación 10:1. (UNI-T, 2017). Estos datos de temperatura fueron utilizados para cálculos de transferencia de calor para el diseño del horno.



Figura 13. Fotografía en Selco S.A. con Termómetro Infrarrojo UNIT UT 300. "Fuente: Autor".

4.1.2 Dimensiones en placas Alucobond.

Para el proceso de recuperación del compuesto Alucobond se escogen en particular los materiales de mayor dimensión después del proceso de corte. Sus dimensiones son: un ancho máximo de 30 centímetros (Ver Tabla 2. Medición Excedentes Alucobond en Bodega SELCO SA), y una longitud variable entre los 15 centímetros y la longitud total de lámina

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Original que se establece en 3 metros. En la tabla 2, se muestran las dimensiones de los excedentes en un día escogido aleatoriamente.

Tabla 2 MEDICIÓN DIMENSIONES EXCEDENTE ALUCOBOND INSTALACIONES SELCO S.A.
"Fuente Autor".

FECHA		06.01.2017
ANCHO (cm)	LARGO (cm)	
2.00	40	
3.50	10	
4.00	60	
15.00	40	
3.00	55	
25.00	95	
30.00	55	
15.40	105	
10.00	215	
9.50	30	
4.50	15	
5.50	40	
10.50	55	
14.30	64	
5.50	26	
Promedio	10.51	60.33

Las medidas fueron tomadas en sitio en el lote o agrupación del material dentro de las instalaciones de Selco S.A. según la figura 14.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 14. Fotografía agrupación del material dentro de las instalaciones de Selco S.A.
“Fuente Autor”.

Para Para nuestro diseño hemos tomado la decisión de referir la placa para análisis termodinámicos y mecánicos, tomando como ancho de placa 30 centímetros “0.3 metros” y como largo 60 centímetros “0.6 metros”, las cuales son dimensiones promedio mostrada en la Tabla 2. Es importante notar que en el promedio de las dimensiones del largo se tuvieron en cuenta aún las dimensiones más grandes así fueran poco frecuentes; lo anterior es debido a que el sistema electromecánico se debe diseñar para tener en cuenta todas los casos reales que podrían ser frecuentes dependiendo de los patrones de corte que podrían fluctuar por no manejar protocolos estándar durante el proceso de corte del material.

Basados en la literatura y en el estado del arte el método que se escoge es el método de separación mecánico- térmico debido a que fue el que presentó la mayor factibilidad técnica para su implementación en la empresa SELCO S.A.

4.2 Fundamentos mecánicos, Térmicos y Electromecánicos.

4.2.1 Fundamentos Térmicos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Basados en los datos en campo referidos a las temperatura de los alrededores, y la métrica y definición de la placa de análisis citada en ancho de 0.3 metros y con largo de 0.6 metros, realizaremos los cálculos necesarios para la separación del compuesto a través del método identificado frente a la separación térmico-Mecánica. Para esto se parte de la grafico plano de placa Alucobond a continuación:

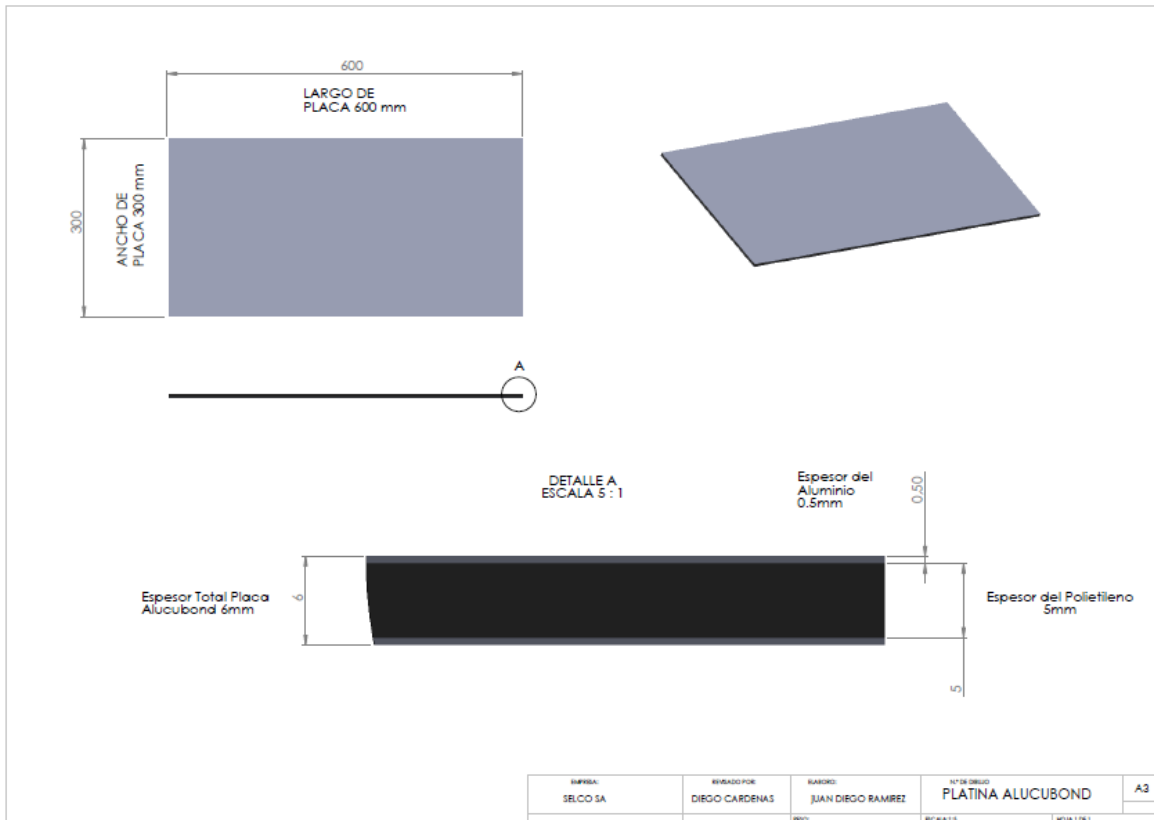


Figura 15. Grafico Material de análisis placa Alucobond. "Fuente: Autor".

Seguido identificamos las ecuaciones de transferencia de calor que se pueden establecer para la separación, la cual deja como alternativa en nuestro primer Cálculo a la transferencia de calor por Conducción.

4.2.1.1 Transporte de calor por conducción.

Debido a que en el material compuesto Alucobond están unidos y por su trayectoria se visualiza la transferencia de calor por conducción, teniendo más eficiencia entre ellos comparado con los métodos de radiación y convección. Además definida por como "La

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

transferencia de energía de las partículas más energéticas de una sustancia hacia las adyacentes menos energéticas, como resultado de interacciones entre esas partículas, teniendo lugar en los sólidos, líquidos o gases”. (Çengel, 2007).

$$Q_{cond}^{\circ} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x}$$

Ecuación de Transferencia de calor por Conducción. (Çengel, 2007).

Q_{cond}° = Transferencia de calor por Conducción.

k = Contante de Proporcionalidad del material “Conductividad térmica”.

A = Área superficial.

ΔT = Relación de Temperatura.

Δx = Relación de Distancia.

Para nuestros materiales las constantes propias estarán definidas para el aluminio y el polietileno, a lo cual podemos establecer en:

Conductividades térmicas. K	
Material	k [W/(m*K)]
Aluminio	186

Tabla 3. Tabla extraída de Tabla A.3 (Çengel, 2007).

Conductividad térmica del aluminio con Aleación 2024-T6 (4.5% Cu, 1,5% Mg, 0.6% Mn), a temperatura entre 200-400 grados Kelvin (-73.15-126.85) grados Celsius. (Çengel, 2007).

El tipo de composición se escoge debido a trabajar con una variable intermedia entre elementos Puros y Mezclas asociada al aluminio, debido a que Fabrica estipulo como no transferible la documentación propia de sus materiales.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Conductividades térmicas. K	
Material	k [W/(m*K)]
Polietileno	0,43

Tabla 4. Tabla extraída de fabricante Plastibages Industrial. (Plasticbages Industrial, S.L., 2016).

Se hace extracción de información del fabricante Plastibages Industrial S.L. debido a que queríamos saber con mayor exactitud cuál podría ser su coeficiente de conductividad térmica, además el fabricante afirma que su material cumple con la norma DIN52612.

Para poder calcular la temperatura que deseamos en la junta entre el la placa de aluminio y el polietileno, debemos establecer la temperatura critica tanto del aluminio como el polietileno, en el cual se da el fenómeno que muchos autores citan como temperatura de Fusión del polietileno o como temperatura Máxima frente al cambio de estado, en nuestro análisis se manifiestan los materiales en estado Sólido y con el suministro de temperatura el polímero tiende a pasar al estado líquido, para lo cual manifestamos la siguiente información:

Temperatura Fusión

Material	°C	°K
Aluminio	501.85	775

Tabla 5. Temperatura de Fusión Aluminio extraído de Tabla A.3 (Çengel, 2007).

Temperatura Máxima

Material	°C	°K
Polietileno	80-110	353.15 – 383.15

Tabla 6. Temperatura de Fusión del polietileno extraída de fabricante Plastibages Industrial. (Plasticbages Industrial, S.L., 2016).

Con lo anterior definimos que la temperatura máxima a registrar para la transferencia de calor por conducción será de 110°C, referido a la máxima temperatura que podemos citar para que el polietileno se mantenga en su estado Sólido.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Siguiendo nuestro análisis frente las ecuaciones de la transferencia de calor nos apoyamos en el autor (Çengel, 2007), entablado la ecuación general de transferencia de calor por conducción $Q_{cond}^{\circ} = -kA \frac{\Delta T}{\Delta x}$, donde La distancia de la trayectoria será el espesor del aluminio dado en 0.5 milímetros, debido a que será la distancia hasta el punto de unión entre el aluminio y el polietileno. El Área estará comprendida por el área de la placa establecida para nuestro proyecto en las dimensiones de 0.3 metros de ancho por 0.6 metros de largo, también como ya hemos definido la conductividad térmica anteriormente para el aluminio en $186 \frac{W}{m \cdot K}$. Además para la diferencia de temperatura se establecerá entre la temperatura de los alrededores y la temperatura definida como máxima de 110°C.

$$A = 0.3m * 0.6m$$

$$A = 0.18m^2$$

$$X=0.5mm=(0.0005m).$$

$$\Delta x = 0.0005m - 0m$$

$$\Delta x = 0.0005m$$

$$\Delta T = (110 + 273.15)k - (25.03 + 273.15)k$$

$$\Delta T = 84.97k$$

Para la ecuación de conducción tenemos:

$$Q_{cond}^{\circ} = - \left(186 \frac{W}{m \cdot K} \right) * 0.18m^2 \frac{84.97k}{0.0005m}$$

$$Q_{cond}^{\circ} = -5.69 * 10^6 W$$

El caculo de transferencia de calor por conducción es demasiado alto para dar suministro de energía térmica por placa individualmente, por lo que nuestro diseño necesitaría una gran fuente de calor para realizar este proceso y no sería viable por el efecto costo beneficio.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Basados en el anterior cálculo citamos la relación de velocidad mecánica para mirar cual es el efecto en este ámbito, a lo cual por la relación de velocidad diferida de los estamentos mecánicos asumidos de la relación entre potencia transmitida y la placa del material compuesto Alucobond, esperamos entablar la relación en:

La velocidad del proceso promedio del operario estará a la eficiencia y la dependencia del largo de la placa, por lo cual en placas con tendencia a sus medidas de ancho menor a 0.3m, y largo menor que 0,6 m, estableceremos una velocidad inicial tentativamente de $15 \frac{m}{min}$. Y para placas que sean iguales a la ancho de 0.3 metros y largo de 0.6 metros, citaremos una velocidad inicial tentativamente de $7 \frac{m}{min}$.

Los anteriores valores se toman como referencia, citando un estimado de lo que queremos recuperar en los estándares ya mencionados. A lo cual buscaremos la relación de la ecuación estipulando como variable la longitud de entrada en la placa. En donde citaremos una ecuación que sea variable y dependiente de la distancia Vs el tiempo. De ahí que:

$$V = \frac{\Delta x}{\Delta t}$$

V = Velocidad.

Δx = Relación de distancia.

Δt = Relación del tiempo.

Según los análisis vistos en ecuación pasada, manejaremos la ecuación de transferencia de calor por conducción unidimensional apoyándonos en el autor (Çengel, 2007), en el cual se cita la transferencia de Calor Unidimensional donde su principal característica es que el flujo de calor solo se visualiza en una sola dirección, en el cual se asume que las derivaciones mínimas en otra dirección son despreciables o tienden a cero. Donde se genera conductividad térmica constante y la no generación de calor, para coordenadas rectangulares se puede estipular que:

$$\frac{d^2 T}{dx^2} = 0$$

Además de su ecuación diferencial:

$$T_{(x)} = C_1 x + C_2 \text{ (Ecuación 1).}$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Donde $C_1 = \frac{d_t}{d_x}$ (Ecuación 2).

Bosquejando la transferencia de calor en placa Alucobond como transferencia e calor por Conducción:

$$Q^{\circ}_{cond} = -kA * \frac{d_t}{d_x}$$

$$-\frac{Q^{\circ}_{cond}}{kA} = \frac{d_t}{d_x} \text{ (Ecuación 3). Ecuación 3.}$$

De la ecuación 2 y 3.

$$C_1 = -\frac{Q^{\circ}_{cond}}{kA} \text{ (Ecuación 4)}$$

Damos remplazo en ecuación 1

$$T_{(x)} = \frac{Q^{\circ}_{cond}}{kA} * x + C_2 \text{ (Ecuación 5)}$$

Analizando de $x = 0$ metros, tenemos:

$$T(x) = 25.03^{\circ}\text{C}$$

$$25.03^{\circ}\text{C} = -0 + C_2$$

Donde $C_2 = 25.03^{\circ}\text{C}$

Entonces para la ecuación 5 nos quedara:

$$T_{(x)} = \frac{Q^{\circ}_{cond}}{kA} * x + 25.03^{\circ}\text{C} \text{ (Ecuación 6).}$$

Analizando esta última ecuación, Basados en la temperatura que deseamos dar a la junta entre la placa de aluminio y el polietileno, visualizando las características propias del Alucobond, donde nos manifiesta que en la temperatura de utilidad para mantener unión entre elementos es inferior a 95°C especificada en propiedad entre -48°C y 80°C referido en (Selco SA, 2016). Como Resistencia a la temperatura, a lo cual y por razón de mantener un factor de seguridad a la vez de llegar a la temperatura de cambio de estado sobre el polietileno, hemos instaurado la temperatura máxima a fijar sobre el promedio establecido para el polietileno en 95°C:

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Entonces para $T(x)=95^{\circ}\text{C}$ dada en la distancia por transferencia de calor en el punto final de la trayectoria al espesor del aluminio fijada en 0.5 milímetros que equivale al espesor de la lámina de aluminio, sumando la constante de conductividad térmica para el aluminio estará dada en $186 \frac{W}{m \cdot K}$, teniendo establecido el ancho mayor en 0.3 metros, dejando como variable el largo de la placa definido por el nombre de "L", para calcular enfocando la velocidad de entrada de la placa hacia el sistema, para transferencia de calor será la transferencia puntual y por consiguiente la transferencia de calor por conducción. (Ver figura 16 sobre la variable de Longitud en Velocidad).

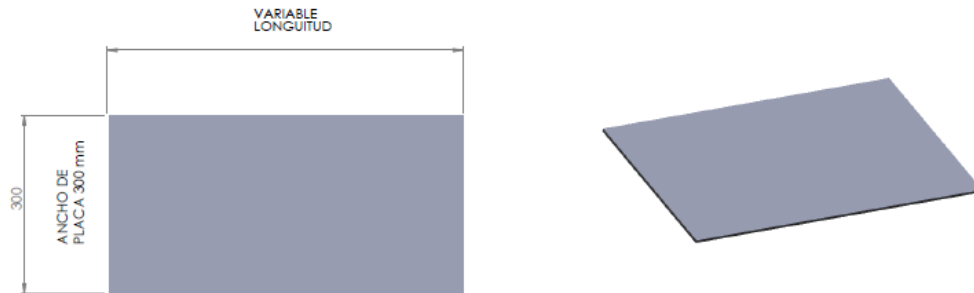


Figura 16. Gráfico variable Longitud en Velocidad. "Fuente: Autor".

Para la ecuación 6 entonces se tiene:

$$(95 + 273.15)K = \frac{Q^{\circ}_{cond}}{186 \frac{W}{m \cdot K} * 0.3m * L} * 0.0005m + (25,03 + 273.15)$$

$$368.15K = - \frac{\dot{Q}_{cond}}{186 \frac{W}{m \cdot K} * 0.3m * L} * 0.0005m + 298.18K$$

$$368.15K - 298.18K = - \frac{\dot{Q}_{cond}}{186 \frac{W}{m \cdot K} * 0.3m * L} * 0.0005m$$

$$69.97K = \frac{-8.9 * 10^{-6} * \dot{Q}_{cond}}{L} * \left[\frac{K * m}{W} \right]$$

$$\frac{69.97K}{-8.9 * 10^{-6}} * (L) * \left[\frac{W}{K * m} \right] = \dot{Q}_{cond}$$

$$\dot{Q}_{cond} = -7.86 * 10^6 * (L) * \left[\frac{W}{m} \right] \text{ (Ecuación 7)}$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Analizando la velocidad máxima como parámetro, donde en la velocidad de $15 \frac{m}{min}$ se obtendría la mayor distancia recorrida por la placa en comparación con la de $7 \frac{m}{min}$ definidas anteriormente para “La velocidad del proceso promedio del operario”, citaremos según la ecuación de velocidad $V = \frac{\Delta x}{\Delta t}$ lo siguiente:

$$V = 15 \frac{m}{min} * \frac{1 min}{60 sg}$$

$$V = 0.25 \frac{m}{sg}$$

Referido lo anterior podemos visualizar que por cada segundo se hará el recorrido de 0.25 metros de la lámina. Por ende la distancia que en nuestro caso será la misma longitud de placa Alucobond recorrida en 1 segundo estará dada por $L=0.25 m$.

Por ende en la ecuación 7 obtenemos:

$$\dot{Q}_{cond} = -7.86 * 10^6 \frac{W}{m} * (0.25m)$$

$$\dot{Q}_{cond} = -7.86 * 10^6 \frac{W}{m} * (0.25m)$$

$$\dot{Q}_{cond} = -1.965 * 10^6 W$$

De este resultado podemos mencionar que la energía calorífica transferida es demasiada efectiva sobre la placa de aluminio, debido a que las pérdidas de transferencia de calor por el espesor del aluminio son demasiado mininas asociado al espesor de la placa de aluminio y su conductividad térmica, visualizando que podría suponerse que la transferencia e calor en la placa de aluminio es directa sobre el elemento siguiente, citando el pegamento del Alucobond y el polietileno de alta densidad, por lo que decidimos fijar el espesor efectivo sobre el material polietileno, teniendo en cuenta sus cualidades térmicas dadas en su ductilidad y maleabilidad en las temperaturas establecida como máxima 110 °C (Plasticbages Industrial, S.L., 2016).

Además de hacer análisis en cálculos establecidos y según nuestra última ecuación determinada como “Ecuación 7” en respectiva a las medidas referentes a longitud y áreas, debido a que en la misma ecuación y para realizar la capacidad de transferencia de calor por conducción calculada, dependerá del espesor neto de la transferencia de calor en el polietileno, en el cual la distancia se establecerá en 5 milímetros “0.005 metros”. Ver figura 17 referente a grafico especificaciones de placa Alucobond.

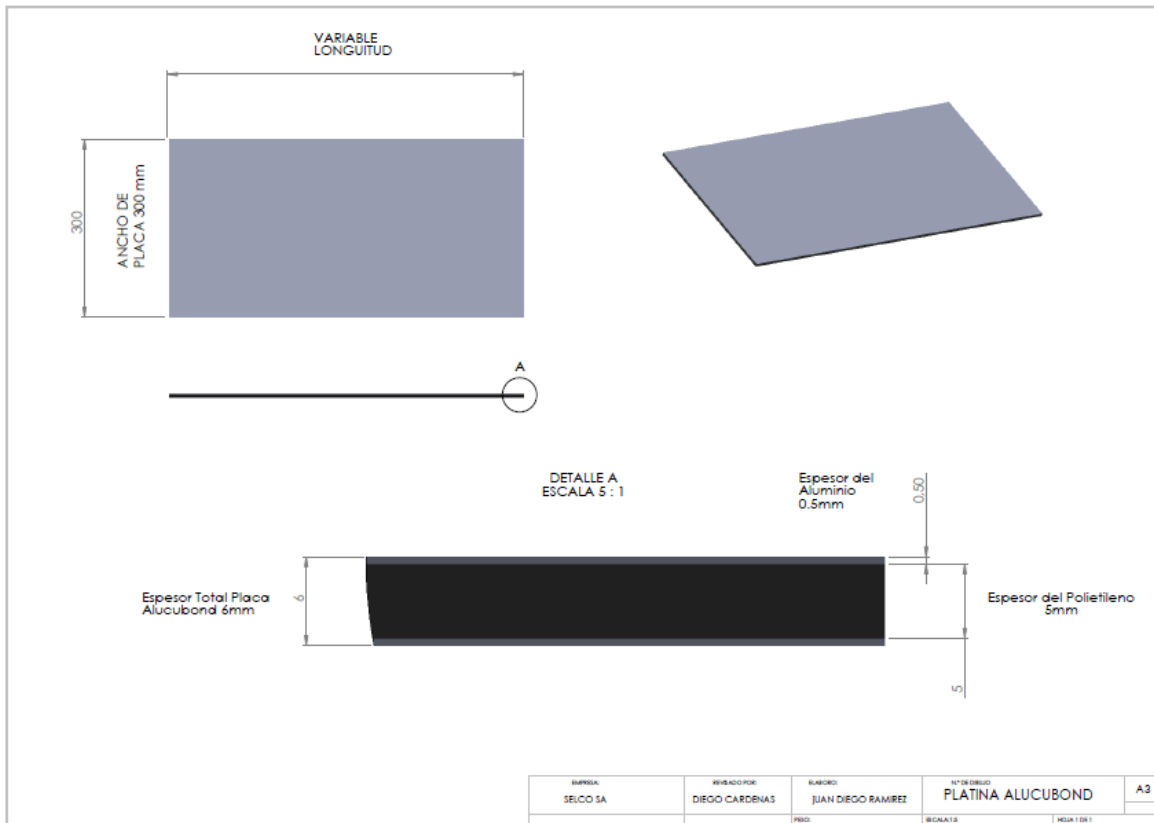


Figura 17 Gráfico especificaciones de Placa Alucobond. “Fuente: Autor”.

La constante de conductividad térmica para el polietileno estará citada en la máxima, para dar la mayor capacidad de conductividad térmica establecida en $0.52 \frac{W}{m \cdot K}$.

Para la ecuación 6 obtendremos:

$$t(x) = -\frac{\dot{Q}_{cond}}{kA} * x + 25,03^{\circ}C$$

X= 5mm “altura de cara polietileno”+0.5mm “Altura de cara aluminio”.

X=5.5mm ó 0.0055m.

$$(95 + 273.15)K = -\frac{\dot{Q}_{cond}}{0.52 \frac{W}{m \cdot K} \cdot 0.3m * L} * 0.0055m + (25,03 + 273.15)K$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$368.15K = -\frac{\dot{Q}_{\text{cond}}}{0.52 \frac{W}{m \cdot K} \cdot 0.3m \cdot L} * 0.0055m + 298.18K$$

$$368.15K - 298.18K = -\frac{\dot{Q}_{\text{cond}}}{0.52 \frac{W}{m \cdot K} \cdot 0.3m \cdot L} * 0.0055m$$

$$69.97K = -\frac{0.035 * \dot{Q}_{\text{cond}}}{L} * \left[\frac{m \cdot K}{W} \right]$$

$$69.97K = -\frac{0.035 * \dot{Q}_{\text{cond}}}{L} * \left[\frac{m \cdot K}{W} \right]$$

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = -\frac{69.97K * L}{0.035} * \left[\frac{W}{m \cdot K} \right]$$

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = -1999.143 * L * \left[\frac{W}{m} \right] \text{ (Ecuación 8).}$$

Según el análisis dado en relación a la velocidad de entrada de placa donde estipulamos para cada segundo una trayectoria de la placa de L=0.25 m. entonces para la ecuación 8 tendremos la relación de transferencia de calor por conducción de:

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = -1999.143 * 0.25m * \left[\frac{W}{m} \right]$$

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = -499.786[W]$$

La transferencia de calor en la placa del compuesto Alucobond la estipulamos en 499.786 W, refiriendo al polietileno como mal conductor de calor actuando casi como aislante, en comparación con el aluminio es mucho mejor conductor de calor.

$$\dot{Q}_{\text{cond}} = 499.786 W$$

Para el análisis de nuestro sistema respecto al horno, debemos referirnos al balance energético citando la primera ley de la termodinámica donde podemos establecer a través de los conceptos del autor (Çengel Y. , 2007).” La energía no se puede crear ni destruir, solo puede cambiar las formas. Por tanto, toda pequeña cantidad de energía debe tomarse en cuenta en el curso de un proceso”. Además “La transferencia de energía de las partículas

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

más energéticas de una sustancia hacia las adyacentes menos energéticas, como resultado de interacciones entre esas partículas, teniendo Lugar en los sólidos, líquidos o gases”.

$$E_{ent}^{\circ} - E_{sal}^{\circ} = \Delta E_{sistema}$$

En relación al balance en virtud de la relación de transferencia de calor para nuestro sistema de horno, definimos que:

E_{ent}° = Estara referida a la Transferencia de Calor hacia la placa.

E_{sal}° = Citando a la transferencia de Calor entre el quemador de calor y placa.

$\Delta E_{sistema}$ = Transferencia total de calor. Ecuación

Transfiriendo la fórmula:

$$Q_{conducción}^{\circ} + Q_{convección}^{\circ} = Q_{radiación}^{\circ} \text{ (Ecuación 9)}$$

4.2.1.2 Transporte de calor por Radiación.

Para identificar como hipótesis la capacidad de calor por transferencia a través de un quemador infrarrojo, hicimos búsqueda en el mercado para establecer esta propiedad y obtuvimos del proveedor COFACO en su referencia BX12X24A A BS AA, su capacidad de transferencia de Calor de 3000 Kcal/hora. (COFACO Ind., 2012), el cual nos informa que este tipo de productos son fabricados por “CATA – DYNE TM” ubicando su planta en Canadá y Estados Unidos, rigiendo las normas establecidas en la ISO9002. Este tipo de conjunto está compuesto por un cuerpo que funcionara como chasis, la rejilla de protección frente a elementos externos de acero inoxidable, una manta infrarroja catalítica de alto rendimiento, distribuidor de gas interno de aluminio, precalentado eléctrico y aislamiento de lana mineral. Para su funcionamiento utiliza gas natural, o envasado (G.L.P.); con baja presión entre los 200mm.c.a. Y 280mm.c.a., un rayo de emisión entre los 4 a 7 micrones, generando con esto una absorción y distribución homogénea del calor en los materiales utilizados, son aplicables a sistemas de hornos y cabinas, en cuartos de pinturas, secadores, termo formados, calentamiento de zonas peligrosas, procesos sobre cueros, maderas y

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

papel entre otros, además estableciendo un poder calorífico específico 3000 Kcal/hora para su modelo más pequeño denominado BX12X24A A BS AA.

Para nuestros cálculos:

$$Q_{\text{Radiación}}^{\circ} = 3000 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}}$$

$$Q_{\text{Radiación}}^{\circ} = 3000 \frac{\text{Kcal}}{\text{h}} * \frac{1\text{KJ}}{0.2388\text{Kcal}} * \frac{1\text{h}}{3600\text{s}}$$

$$Q_{\text{Radiación}}^{\circ} = 3.49 \frac{\text{KJ}}{\text{s}}$$

$$Q_{\text{Radiación}}^{\circ} = 3.49\text{KW}$$

$$Q_{\text{Radiación}}^{\circ} = 3490 \text{ W}$$

4.2.1.3 Transporte de calor por convección.

Para el análisis del sistema de la transferencia de calor por convección definida por el Autor (Çengel, 2007) en que “La transferencia de calor por convección es proporcional a la diferencia de temperatura y se expresa en forma conveniente por la Ley de Newton de enfriamiento como:”. (Çengel, 2007).

$$Q_{\text{conv}}^{\circ} = hA_s(T_s - T_{\infty}) \text{ (Çengel, 2007)}.$$

Q_{conv}° = Transferencia de calor por Convección.

h = Coeficiente de transferencia de calor por convección.

A_s = Área Superficial.

T_s = Temperatura de la Superficie.

T_{∞} = Temperatura suministrada.

Para nuestros cálculos, establecemos para el coeficiente de transferencia de calor por convección lo denotaremos como la expresión $h = 25 \frac{\text{W}}{\text{m}^2\text{°C}}$ (Çengel Y. , 2007)

Para lo expresado en la ecuación 9:

$$Q_{\text{conducción}}^{\circ} + Q_{\text{convección}}^{\circ} = Q_{\text{Radiación}}^{\circ}$$

$$Q_{\text{convección}}^{\circ} = Q_{\text{Radiación}}^{\circ} - Q_{\text{conducción}}^{\circ}.$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Aplicando las hipótesis en el quemador infrarrojo y lo calculado para la placa, además de la ecuación de transferencia de calor por convección tenemos:

$$hA_s(T_s - T_\infty) = 3490 W - 499.786 W$$

$t_s = 110^\circ\text{C}$ (Maximo a referir en placa dealuminio).

$$h = 25 \frac{W}{m^2K}$$

El área de la superficie la analizaremos para la relación de velocidad.

$$A_s = 30cm * 25cm$$

$$A_s = 0.3m * 0,25m$$

$$A_s = 0,075m^2$$

$$25 \frac{W}{m^2^\circ\text{C}} * 0,075m^2 * (110^\circ\text{C} - T_\infty) = 3490 W - 499.786 W$$

$$(110^\circ\text{C} - T_\infty) = \frac{2990.214 W}{1.875 \frac{W}{^\circ\text{C}}}$$

$$(110^\circ\text{C} - T_\infty) = 1594^\circ\text{C}$$

$$-T_\infty = 1594^\circ\text{C} - 110^\circ\text{C}$$

$$-T_\infty = 1484^\circ\text{C}$$

El signo define la orientación del flujo de calor, además la temperatura T_∞ se interpretara como la temperatura de llama en quemador para manifestar en placa de material Alucobond la temperatura deseada.

Para determinar la temperatura en cámara entre el quemador y la placa, citaremos por el autor (Çengel Y. , 2007), denominando “la resistencia térmica que atraviesa varias capas planas de materiales diferentes. Citando el siguiente figura 18 guiado por la figura 3-10 de (Çengel Y. , 2007).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

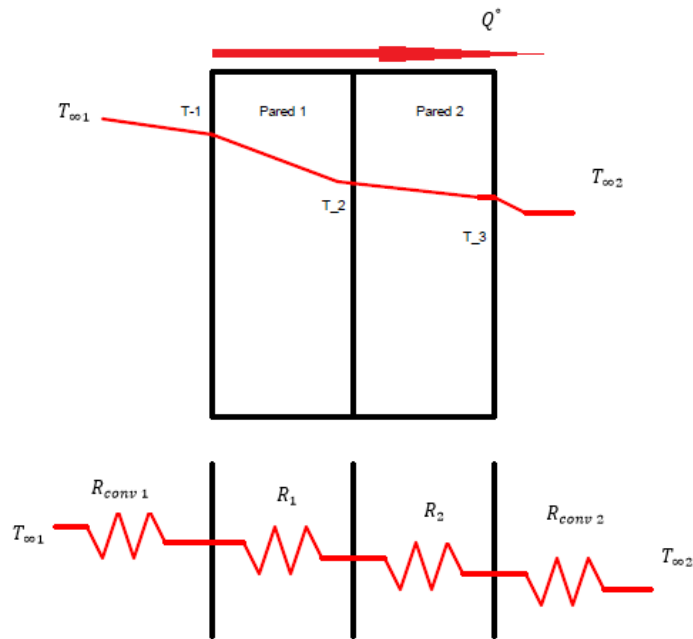


Figura 18. Gráfico de resistencia térmica en placa Alucobond.

Donde:

$$Q^{\circ} = \frac{T_{\infty 1} - T_1}{R_{conv1}}$$

$$R_{conv1} = \frac{1}{h_1 A}$$

Q° Es igual a la transferencia de calor por conducción.

$$Q^{\circ} = Q_{conducción}^{\circ}$$

Entonces:

$$Q_{conducción}^{\circ} = \frac{T_{\infty 1} - T_1}{\frac{1}{h_1 A}} \quad (\text{Ecuación 10})$$

Para la temperatura de entrada con relación al promedio de las temperaturas en sitio dado en 25.03°C tenemos:

$$h_1 A (T_{\infty 1} - T_1) = 499.786 \text{ W}$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$25 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 0,075m^2 * (T_{\infty_1} - 25.03^\circ C) = 499.786 W$$

$$(T_{\infty_1} - 25.03^\circ C) = \frac{499.786 W}{1.875 \frac{W}{^\circ C}}$$

$$(T_{\infty_1} - 25.03^\circ C) = 266.55^\circ C$$

$$T_{\infty_1} = 266.55^\circ C + 25.03^\circ C$$

$$T_{\infty_1} = 291.58^\circ C$$

Y para la temperatura de después del contacto inicial térmico con relación a la temperatura promedio estimada en 95°C tenemos:

$$h_1 A (T_{\infty_1} - T_1) = 499.786 W$$

$$25 \frac{W}{m^2 \cdot ^\circ C} * 0,075m^2 * (T_{\infty_1} - 95^\circ C) = 499.786 W$$

$$(T_{\infty_1} - 95^\circ C) = - \frac{499.786 W}{1.875 \frac{W}{^\circ C}}$$

$$(T_{\infty_1} - 95^\circ C) = 266.55^\circ C$$

$$T_{\infty_1} = 266.55^\circ C + 95^\circ C$$

$$T_{\infty_1} = 361.55^\circ C$$

La temperatura en la cámara entre el quemador y la placa de Alucobond deberá estar citada teóricamente entre 291.58°C y 361.55°C. Para garantizar en el proceso que se mantenga la temperatura de conducción hacia el polietileno en su temperatura promedio de 95°C. Además de tener presente que se hará verificación de experimental para la distancia entre el quemador y la placa Alucobond, realizando correcciones en la capacidad de suministro de calor del quemador o la variable de la velocidad mecánica en las placas.

4.2.1.4 Transporte de Calor por Radiación.

Basados en la ecuación 9 derivado del balance energético, podemos calcular la capacidad necesaria mínima a tener para el sistema de suministro de calor por radiación, dando su cálculo de la siguiente forma:

$$Q_{conducción}^{\circ} + Q_{convección}^{\circ} = Q_{radiación}^{\circ}$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$Q_{Radiación}^{\circ} = 499.786 W + 499.786 W$$

$$Q_{Radiación}^{\circ} = 999.572 W$$

4.2.1.5 Diseño Fundamentos Térmicos.

Se analiza en industria Colombiana basados en los anteriores cálculos y cotización de los quemadores en los cuales pudimos entablar:

Para una transferencia de calor por radiación calculada en:

$$Q_{Radiación\ total}^{\circ} = 999.572 W$$

$$Q_{Radiación\ total}^{\circ} = 999.572 \frac{kJ}{s} * \frac{0.2388kCal}{kJ}$$

$$Q_{Radiación\ total}^{\circ} = 238.69 Kcal/s$$

La capacidad de transferencia de calor referida a los quemadores infrarrojos dada en Kcal, se establece en el mercado Colombiano como mínimo en 2250 kCal (ver tabla 7 y figura 19 sobre cotización de quemadores). Aunque la capacidad de transferencia de calor del quemador infrarrojo es elevada según el cálculo, nos dará la capacidad de regulación a través del suministro de combustible y la altura frente a la placa de Alucobond.

EMPRESA	Kcal
TECNI-GAS SAS	2250
El punto de Chupa Accesorios de Gas	2250
Gas & Agua	2250
Gas & Gas equipos especiales a gas	2250

Tabla 7. Cotización de quemadores "Fuente: autor"

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

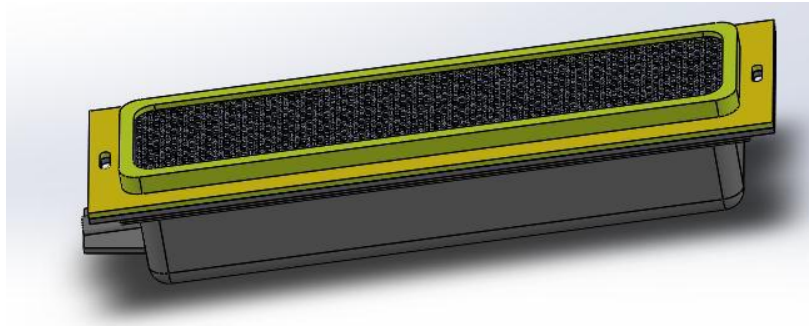


Figura 19. Gráfico de quemadores Infrarrojos. “Fuente: autor”

Según nuestro diseño del horno separador de Alucobond, la estructura del horno tendrá dos 2 quemadores, además de tener en cuenta los cálculos térmicos, el horno estará cubierto de placas metálicas de 3 milímetros de espesor en sus paredes bosquejado por el fabricante (Codiacero, 2008) como calibre 11, citando que el acero ASTM A36 laminado en frío, y a tener en cuenta será acero al carbón ya que no tendremos conceptos de higiene o procesos alimenticios donde se recomienda realizar la estructura en Acero Inoxidable, además de saber con nuestros cálculos que la temperatura en el horno no superara la temperatura de fusión de nuestro acero. Además nuestro horno tendrá refuerzo en la estructura por un perfil en Angulo tipo “L”, referenciando por el fabricante Aceros Mapa como Angulo de 1 ¼ pulgadas “31.7 milímetros” de cada lado y un espesor de 1/8 pulgadas “3.2 milímetros”. Fabricado en acero laminado en caliente referente a la norma ASTM A36, destacando que la sección transversal estará formada por dos alas iguales de longitud y un ángulo recto, ejecutando los mismos en acero al carbón. (Aceros Mapa, 2017) . (Ver figura 20 sobre la estructura horno separador Alucobond).

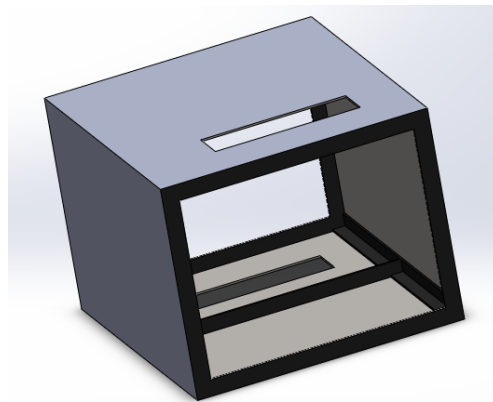


Figura 20. Estructura horno separador Alucobond. “Fuente Autor”.

Para mantener separación y guía de la placa del material entrante de Alucobond, se visualiza la creación de rejilla, la cual puede ser realizada en acero al carbón de 3 milímetros de espesor en sus paredes bosquejado por el fabricante (Codiacero, 2008) como calibre 11,

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

citando que el acero ASTM A36 laminado en frío, dando altura de 10 milímetros un largo establecido por placa de 24 centímetros. (Ver figura 21 sobre la rejilla guía entre cámaras del horno separador Alucobond).

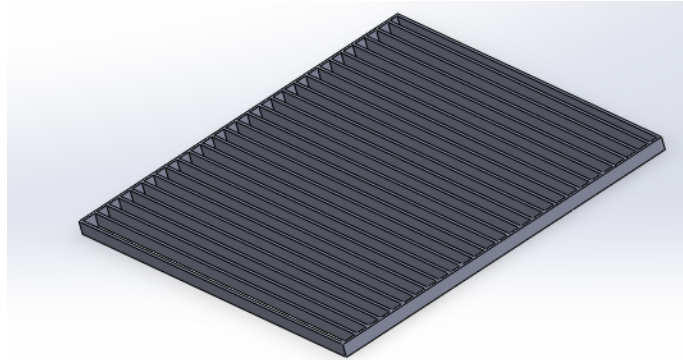


Figura 21. Rejilla guía entre cámaras del horno separador Alucobond. “Fuente Autor”.

Bosquejando el ensamble inicial este se muestra en el siguiente gráfico:

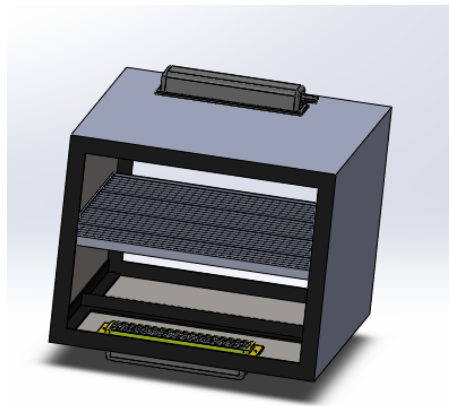


Figura 22. Grafico Horno Separador Material Alucobond. “Fuente Autor”.

Para la empresa Selco S.A., interesada en el proyecto nos mencionan querer tener la posibilidad de utilizar la fuente de energía mecánica y para dar compresión a la placa, enfocado en la necesidad de este efecto para separación de lámina, con su máquina Roladora de la marca AAVI del modelo MCA, la cual posee la cualidad en los rodillos de largo de 3100 milímetros, con capacidad de rolado de 4 milímetros, y con una potencia eléctrica para el funcionamiento de 5.5 HP.(Ver figura 23 sobre Fotografía maquina roladora MCA).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 23. Fotografías maquina roladora propiedad de Selco SA. “Fuente Autor”.

Con base en lo anterior se hacen ajustes para el horno separador del material Alucobond, especificando las medidas necesarias para trabajar en conjunto con la roladora MCA. (Ver figura 24 sobre diseño preliminar del sistema separador con adecuaciones a sistema Roladora MCA).

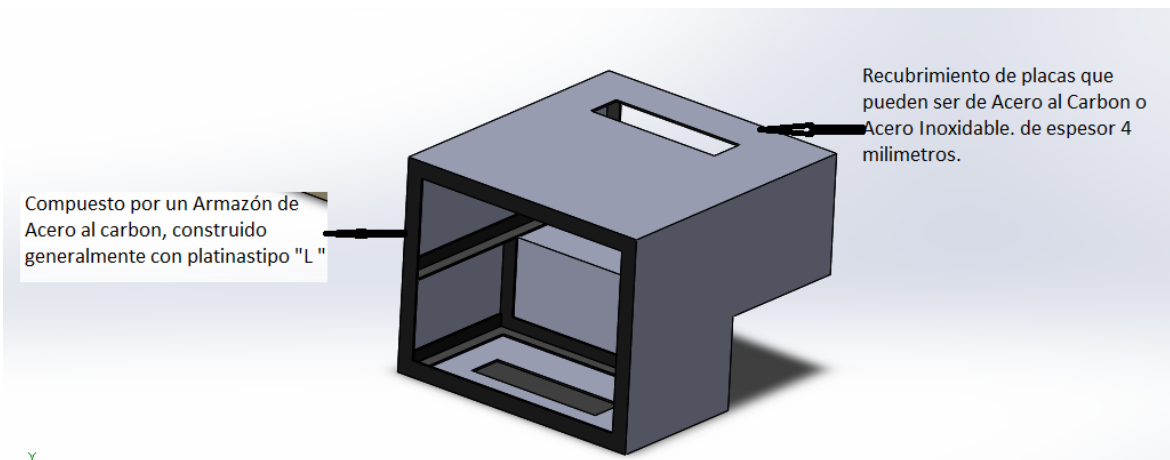


Figura 24. Diseño preliminar de Sistema Separador con adecuaciones a sistema Roladora MCA. “Fuente Autor”.

Además para mantener tanto la temperatura en el horno como la seguridad frente a las paredes del sistema del horno separador, se hacen los cálculos pertinentes para determinar el material más adecuado que funcionase como aislante térmico. Lo cual cita lo siguiente: Utilizaremos lo análisis anteriores frente a la ecuación y análisis en lámina en el horno separador de Alucobond, interpretando la ecuación conducción de calor por conducción.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$Q_{cond}^{\circ} = -kA \frac{\Delta T}{L}$$

Donde:

Estableciendo Δx como la relación a la distancia definiéndola en "L".

$$\frac{k * A_s * \Delta T}{L} = 499.786 \text{ W}$$

Para materiales aislantes como el Poliuretano su constante de conductividad térmica "k"; esta dada en tabla 8:

Conductividades térmicas. K	
Material	[W/(m*K)]
Poliuretano expandido	0.023

Tabla 8. Extraído de la tabla A-6. (Çengel, 2007).

El cambio de temperatura ΔT esta dado por la diferencia de la temperatura de la placa teniendo en cuenta la conducción por conducción de aluminio, frente a la temperatura ambiente.

$$\Delta T = ((110 + 273.15)K - (25.03 + 273.15)K)$$

$$\Delta T = 681.33K$$

A_s = Largo de la suferficie efectiva*ancho de la suferficie efectiva

$$A_s = (0.3m * 0.6m)$$

$$A_s = 0.18m^2$$

Para la ecuación:

$$L = \frac{k * A_s * \Delta T}{499.786 \text{ W}}$$

$$L = \frac{0.023 \frac{w}{m*K} * 0.18m^2 * 681.33K}{499.786 \text{ W}}$$

$$L = 0.005m$$

$$L = 0.005m = 5mm$$

Lo que nos expresa que la cubierta de poliuretano tendrá un espesor en cada cara de 5 milímetros. (Ver figura 25 sobre gráfico de cubierta del poliuretano en paredes de horno separador Alucobond).

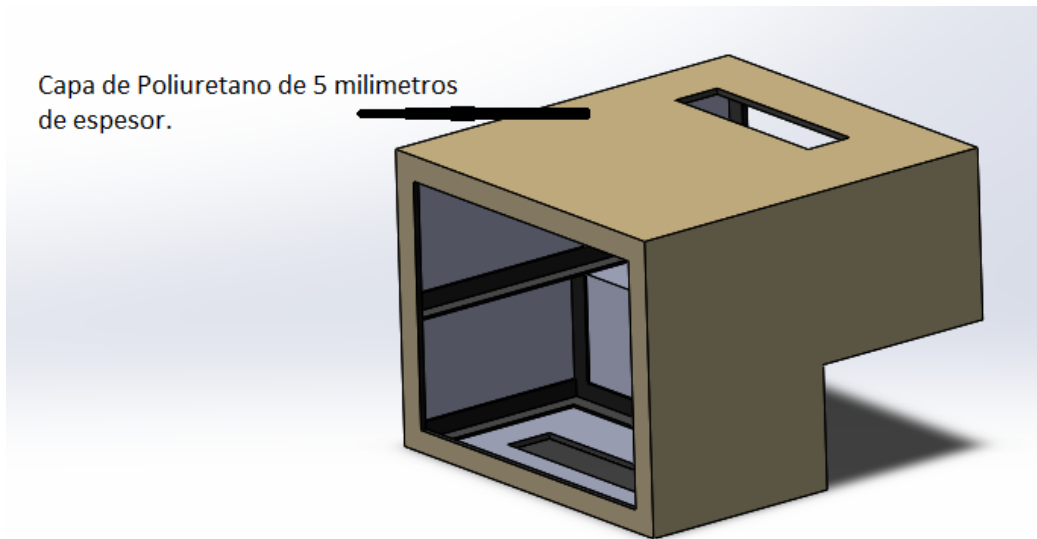


Figura 25. Grafico cubierta del poliuretano en paredes de horno separador Alucobond. “Fuente: Autor”.

Además de definir la mesa encargada de soporte y estabilidad del quemador, la cual en su parte superior tenga una capa de poliuretano como aislante térmico. La estructura será construida con platinas tipo “L” de ancho de 60 centímetros por alto de 60 centímetros. Y en algunos soportes constituidos serán de ancho de 60 centímetros por alto de 30 centímetros. (Ver figura 26 de mesa soporte de horno separador Alucobond).

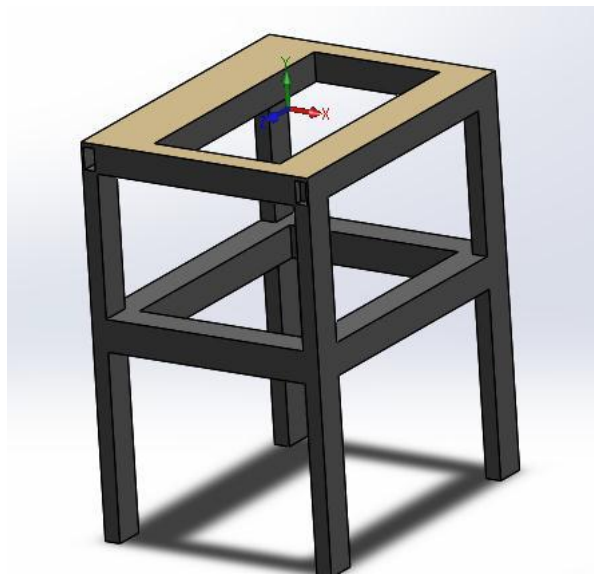


Figura 26. Gráfico de mesa soporte de horno separador Alucobond. “Fuente: Autor”.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Dando como diseño general:

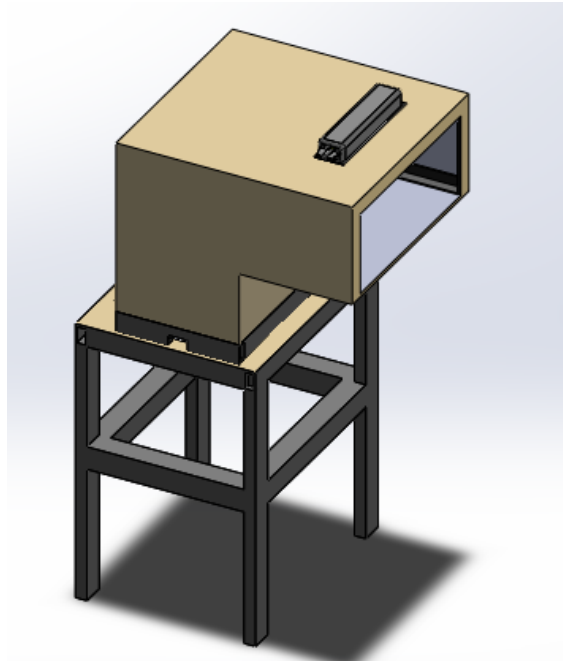


Figura 27. Gráfico general de horno separador Alucobond. “Fuente: Autor”.

4.2.1.6 Planos Horno Separador Alucobond según Fundamentos Térmicos.

Ver anexo 2.

4.2.1.7 Implementación Horno Separador Alucobond según Fundamentos Térmicos.

La empresa Selco S.A. contrata empresa contratista especializada Manugas, para la fabricación del horno según las especificaciones dadas en planos. (Ver Figura 28 y 29).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 28. Fotografías de horno separador Alucobond. “Fuente: Autor”.



Figura 29. Fotografía de horno separador Alucobond. “Fuente: Autor”.

En cuanto a las pruebas con la hipótesis de compresión por parte de la Roladora de referencia MCA de la compañía Selco S.A., no se pudo realizar operación porque la configuración de la Roladora para la velocidad y la relación en el ajuste en la compresión derivada de la fuerza a aplicar hacia la placa eran mayor que las calculadas, por lo que el producto salía con menor temperatura en muchos casos a la calculada entre 90 a 110 grados centígrados, o también con una compresión mayor o menor a la estipulada en el proceso

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

de separación, conllevando con lo anterior expuesto a tener separación parcial de la lámina de Alucobond, y en muchas ocasiones fusión del polietileno en las placas de aluminio. (Ver figura 30 sobre fotografías de fusión polietileno en placa Alucobond).



Figura 30. Fotografías de fusión polietileno en Placa Alucobond. “Fuente: Autor”.

Por tal motivo consideran nuevamente la opción que se expuso en el proyecto, de generar esta compresión y rotación a través de un método mecánico y posterior sistematización del mismo para la separación del material compuesto denominado Alucobond. Definidos en los apartes siguientes según los fundamentos Mecánicos y Electromecánicos.

4.2.2 Fundamentos mecánicos.

Estimaremos en esta línea varios factores, en el primero calcularemos los mecanismos frente al ajuste para el fenómeno de separación a la placa de Alucobond y sus derivados, y el segundo con respecto a disminuir las operaciones manuales, en las cuales la fuente de energía sea el ser humano, con base en lo anterior realizaremos los análisis para determinar el mejor transmisión de potencia mecánica. Citando y tomando enfoque del autor (Mott, 2006) para nuestros cálculos.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Para nuestro sistema de separación termo-Mecánico, en su configuración mecánica bosquejando la información citada en las fichas técnicas del Alucobond, establecieron el esfuerzo o fuerza mínima al despegamiento $\sigma = 115 \frac{N}{mm^2}$ (ALUCOBOND®, 2012-2016).

Donde $\sigma = \frac{F}{A}$ (Ecuación 1)

F= Fuerza

A=Area

σ =Esfuerzo

Analizando nuestro modelo, asociaremos el ajuste entre dos ejes paralelos, en los cuales el area de analisis estara dada puntualmente por $1mm^2$.

De la ecuación 1 tenemos:

$$\sigma = \frac{F}{A}$$

$$F = 115 \frac{N}{mm^2} * 1mm^2$$

$F = 115N$ (Fuerza para despegamiento).

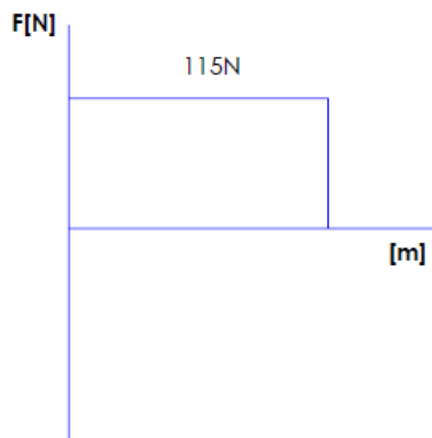


Figura 31. Gráfico de Fuerzas en toda la trayectoria del eje. “Fuente: Autor”.

$F_C = F =$ Fuerza de despegamiento.

$$\Sigma M_{A \curvearrowright} = 0$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$-F_C * 0.15m + F_B * 0.3m = 0$$

$$F_B = \frac{F_C * 0.15m}{0.3m}$$

$$F_B = \frac{115N * 0.15m}{0.3m}$$

$$F_B = 57.5N$$

$$\Sigma F_{\uparrow+} = 0$$

$$-F_A + F_C - F_B = 0$$

$$F_A = 115N - 57.5N$$

$$F_A = 57.5N$$

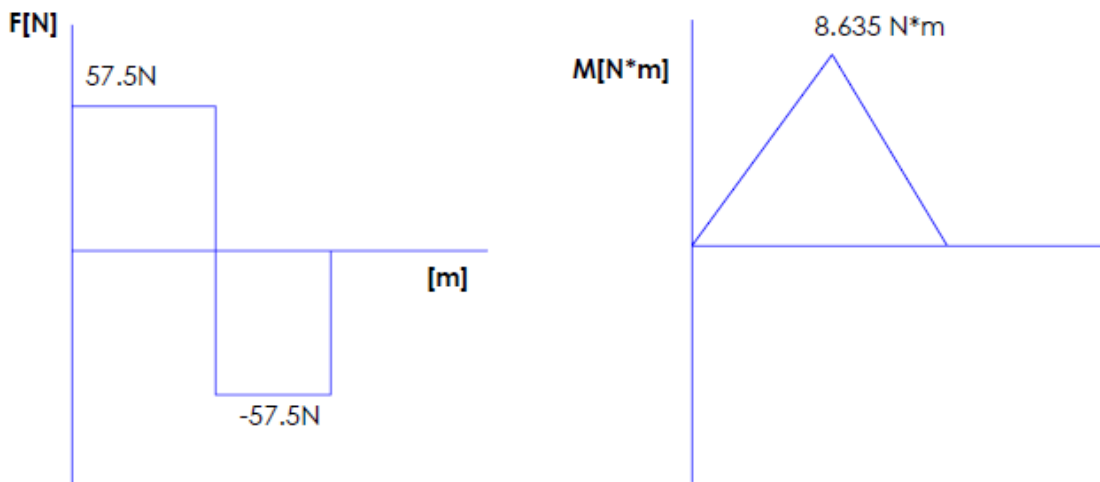


Figura 32. Grafico Fuerzas y Momentos. "Fuente: Autor".

$$M_{max} = 8.625 N * m$$

Para el cálculo del diámetro del eje, nos hemos basado en el autor (Mott, 2006), referido

en la ecuación $D = \left[\frac{32N}{\pi} * \sqrt{\left[\frac{K_t * M}{S_n} \right]^2 + \frac{3}{4} * \left[\frac{T}{S_y} \right]^2} \right]^{\frac{1}{3}}$, refiriendo el autor que la ecuación

enunciada es compatible con la norma ANSI B 106.IM-1985.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Para nuestro análisis preliminar no tendremos mecanismos de generación de fuerza y torques externos, lo que despreciaremos los mismos, dejando el torque en ecuación como cero, anotando solo flexión e nuestro modelo, para la ecuación anterior queda expresada de la siguiente manera.

$$D = \left[\frac{32N}{\pi} * \sqrt{\left[\frac{K_t * M}{S'_n} \right]^2} \right]^{\frac{1}{3}} \quad (\text{Ecuación 2})$$

K_t = Coeficiente de concentración de esfuerzos.

M = Momento Máximo.

S'_n = Esfuerzo a la fatiga del Material.

N = Factor de Diseño.

Para el coeficiente de concentración de esfuerzos " K_t "; el autor (Mott, 2006), establece la medida de 2.5 estándar para ejes o sistemas con chaflán para flexión, y de 1.5 para chaflán bien redondeado, o para diseño preliminar de 3.

Para nuestro diseño el coeficiente de concentración de esfuerzos $K_t = 3$.

Asociado al factor de Diseño " N "; el autor (Mott, 2006), denota 2 para factores típicos en ejes.

Asociado a la resistencia o esfuerzo a la fatiga del material " S'_n "; dado a conocer por el autor (Mott, 2006); en la ecuación $S'_n = S'_n * C_m * C_{ST} * C_R * C_S$, propio de la resistencia a la fatiga según el material por los diferentes factores de diseño como:

S'_n = Resistencia a la fatiga en función de la resistencia del Material.

C_m = Factor Del Material.

C_{ST} = Factor por tipo de Esfuerzo.

C_R = Factor confiabilidad.

C_S = Factor Por tamaño.

Para la resistencia a la fatiga en función del material " S'_n "; es necesario conocer la resistencia o el esfuerzo último, para el caso de nuestro diseño, daremos escogencia preliminar al acero forjado SAE1020, el cual el autor (Mott, 2006), establece como

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

propiedades de diseño para aceros aleados al carbón en el tabla A-6 en el apéndice 3 su resistencia ultima $S_u = 420 \text{ MPa}$ ó $420 * 10^6 \frac{N}{m^2}$.

Según " S_u ", en figura 5-8 denominada por el autor resistencia (Mott, 2006) a la fatiga " S'_n "; en función de la resistencia a la tensión, para aceros forjado con varias condiciones de superficie obtenemos un $S'_n = 190 * 10^6 \frac{N}{m^2}$. Para el cálculo del factor por material, para acero forjado según $C_m = 1$. Además para el factor de tipo de esfuerzo por flexión cita el autor (Mott, 2006) en 1, también para el factor de confiabilidad según el autor (Mott, 2006); citando en la figura 5-1 como factores de confiabilidad aproximada $C_R = 0.81$, para una confiabilidad del 99%. También para el factor de tamaño $C_S = 1$, lo daremos para diámetros superiores a 0.3, el cual deseamos superar para nuestro diseño.

Resumiendo:

$$S'_n = 190 * 10^6 \frac{N}{m^2}$$

$$C_m = 1$$

$$C_{ST} = 1$$

$$C_R = 0.81$$

$$C_S = 1,$$

Para la ecuación $S'_n = S'_n * C_m * C_{ST} * C_R * C_S$ obtenemos:

$$S'_n = (190 * 10^6 \frac{N}{m^2}) * (1) * (1) * (0.81) * (1)$$

$$S'_n = 153.9 * 10^6 \frac{N}{m^2}$$

De la ecuación 2 tenemos:

$$D = \left[\frac{32N}{\pi} * \sqrt{\left[\frac{K_t * M}{S'_n} \right]^2} \right]^{\frac{1}{3}}$$

$$D = \left[\frac{32(2)}{\pi} * \sqrt{\left[\frac{3*8.625}{153.9*10^6} \right]^2} \right]^{\frac{1}{3}} * [m]$$

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$D = \left[\frac{64}{\pi} * \sqrt{\left[\frac{3*8.625}{153.9*10^6} \right]^2} \right]^{\frac{1}{3}} * [m]$$

$$D = \left[\frac{32(2)}{\pi} * \sqrt{\left[\frac{3*8.625}{153.9*10^6} \right]^2} \right]^{\frac{1}{3}} * [m]$$

$$D = 0.015m$$

Para nuestro análisis los rodillos estarán posicionados y sujetos mediante rodamientos, los cuales para el sometimiento de cargas axiales, los cálculos a continuación se tendrán en cuenta según el autor (Mott, 2006), en su sección 14 “cojinetes con contacto de rodadura”.

Para este caso el autor recomienda:

Calculo de la carga de diseño, que estará dada por la ecuación $P_d = VR$ (Ecuación 3).

P_d = Fuerza de Diseño.

V = Factor de Rotación.

R = Fuerza Calculada.

Para el factor de rotación se estipula 1 para rotación de la pista interior del rodamiento, y 1.2 para rotación de pista exterior en rodamiento.

Para nuestro calculo:

$V = 1$ Rotación de pista interior del rodamiento.

R = Las fuerzas calculadas para los apoyos denominadas F_A y F_B .

$$R = F_A = F_B = 57.5N$$

De la ecuación 3 tenemos:

$$P_d = (57.5N) * (1)$$

$$P_d = (57.5N).$$

Teniendo mayor análisis y visión al futuro de los componentes, en el cual a los rodillos se le podrá suministrar torque generador de cargas radiales, estipularemos el rodamiento para contacto Angular, debido a sus buenas características para cargas Axiales y Radiales según la tabla 14.1 “Comparación de los tipos de rodamientos” (Mott, 2006).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Para la capacidad Carga Dinámica requerida "C" el autor (Mott, 2006) precisa en una de sus formas de cálculo refiriéndose a la ecuación 14-3; donde $C = P_d * \left(\frac{L_d}{10^6}\right)^{\frac{1}{k}}$ "Ecuación 4".

Donde:

$L_d =$ Duración de diseño.

$$L_d = (l_{10}) * (RPM) * \left(\frac{60min}{h}\right) \text{ "Ecuación 5"}$$

$k =$ Constante entre carga y duración.

Según el autor (Mott, 2006), en la sección 14-6 Relación entre Carga y Duración, dando a conocer que "k" puede tener el valor de "3" para los rodamiento de bola, y/o "3.33" para los rodamientos de rodillos.

Para la ecuación 5 tenemos:

$l_{10} =$ Horas de utilización según aplicación final.

$RPM =$ Revoluciones por Minuto de sometimiento del rodamiento.

Para determinar las horas aproximadas según aplicación el autor (Mott, 2006); establece en la tabla 14-4, para aplicaciones de motores eléctricos, Ventiladores Industriales, y transmisión de uso múltiple una duración de diseño $l_{10} = 30000 h$.

$$L_d = (l_{10}) * (RPM) * \left(\frac{60min}{h}\right)$$

Para nuestros cálculos iniciales tomaremos las revoluciones por minuto como guía para motores establecida en 1800RPM.

$$L_d = (30000 h) * (1800RPM) * \left(\frac{60min}{h}\right)$$

$$L_d = 3.24 * 10^9 rev$$

Para la ecuación 4 tenemos:

$$k = 3$$

$$C = 57.5N * \left(\frac{3.24 * 10^9}{10^6}\right)^{\frac{1}{3}}$$

$$C = 850N$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$C = 850N = 850N * \frac{0.225lb_f}{1 N}$$

$$C = 850N = 191.25lb_f$$

Según el autor (Mott, 2006), en la tabla 14-3 “Datos para seleccionar rodamientos de una hilera y ranura profunda”, estipula la familia 6200, en el cual con nuestro cálculo de la capacidad de carga dinámica, se escogería la referencia 6205, con las siguientes especificaciones:

Diámetro interior 10 milímetros.

Diámetro Exterior 30 Milímetros.

Ancho de guía de Rodamiento: 9 Milímetros.

Peso del Rodamiento: 0.07 libras.

Capacidad de carga Estática: 520 libras.

Capacidad de carga Dinámica: 885 libras.

4.2.2.1 Diseño Fundamentos Mecánicos.

Enfocando la selección del sistema autónomo a tener en cuenta, que en nuestro caso fue una reducción de la potencia mecánica a través de motorreductor. (Ver sección 4.3.3), en la cual el mínimo sugerido para estos dispositivos establece una sección de eje o agujero de 25 milímetros, decidimos tener esta medida en primera instancia en el diámetro interno de los rodamientos de sujeción, por lo cual nuestros rodamientos los referiremos a la familia 6005, además para no depender de mantenimientos periódicos estableceremos que nuestros rodamientos serán sellados, permitiendo con esto la auto lubricación sin necesidad de recurrir a mantenimientos programados, según el fabricante (SKF, 2015), la referencia cita en 6005-2Z, refiriendo las siguientes características:

RODAMIENTO 6005-2Z					
Diámetro Interior [mm]	Diámetro exterior [mm]	Espesor de rodamiento [mm]	Carga Dinámica [kN]	RPM	Masa
25	47	12	11.9	32000	0.083

Tabla 9. Características Rodamientos 6005.

De tal manera que la Carga dinámica calculada en 850 N está dentro del rango del rodamiento 6005-2Z.

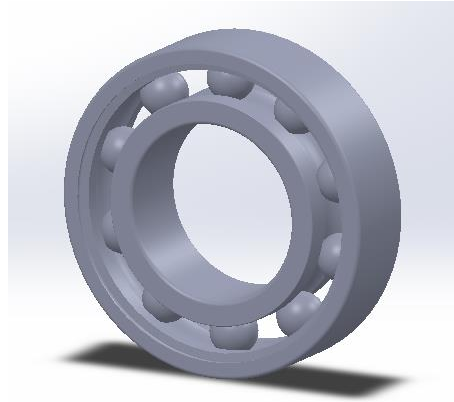


Figura 33. Gráfico de rodamiento. “Fuente: Autor”.

De igual forma para el diámetro de eje que estará en contacto con la placa de Material Alucobond a recuperar después del proceso en horno, establecido en $D=15\text{mm}$, será necesario por medidas de diseño frente al diámetro interior y exterior del rodamiento citado en 25 milímetros y 47 milímetros respectivamente, aumentar el Diámetro en esta sección al rodamiento, por lo que escogeremos según el catalogo del fabricante (Aceros Mapa, 2017). para el acero SAE1020 su denominación de $2\frac{1}{2}$ de pulgadas. Dando las siguientes características:

Acero SAE 1020		
Diámetro [in]	Diámetro [mm]	Masa/longitud [kg/m]
2 1/2	63.5	24.84

Tabla 10. Datos extraídos de tabla para el acero SAE1020. (Aceros Mapa, 2017).

Para tener en cuenta en la construcción final del diseño del eje, es necesario tener en cuenta los elementos de sujeción para los rodamientos, debido a que debemos garantizar su posición, en los cuales para el rodamiento 6005-2Z, para uno de sus lados utilizaremos un anillo metálico para eje, donde estipularemos la referencia SH-98, propio para ejes de diámetro de 25 milímetros, donde podemos comentar especificaciones según fabricante Rotor Clip Company, INC. (Rotor Clip Company, INC, 2010).

Anillo Retenedor	
Especificación	ensamble Externo
Tipo	SH-98
Material	Acero al Carbón SAE 1060-1090

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Diámetro eje [mm]	25
Diámetro Ranura en eje [mm]	23.9
espesor en eje [mm]	1.13
Carga de empuje[lb]	4923

Tabla 11. Información estrada de catálogo del producto Motor Clip. (Rotor Clip Company, INC, 2010).

Y para el otro extremo utilizaremos una reducción que será maquinada en el eje en 30 milímetros en su diámetro con 10 milímetros para su longitud. (Ver figura 34 para el gráfico Diseño de Cilindro).

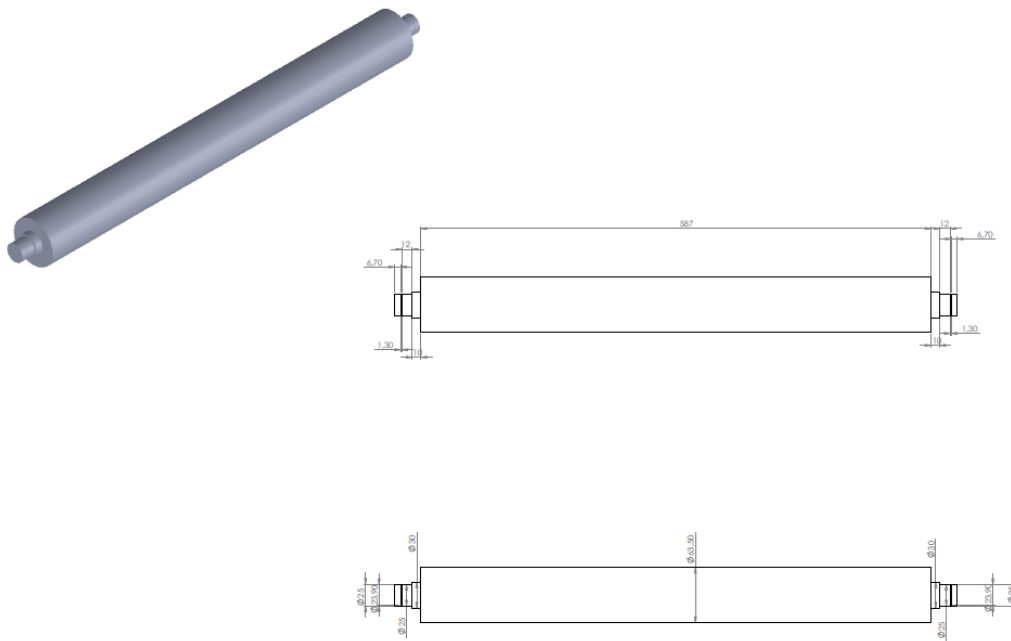


Figura 34. Grafico Diseño de cilindro. “Fuente Autor”

Para el sistema estructural de los componentes mecánicos centraremos atención en un diseño tipo carcasa, que nos permita alojar al rodamiento 6005-2Z, y a su vez enlazado con una sistema estructural que nos permita mover uno de los cilindros para dar el ajuste de la placa del material Alucobond que es expulsado del horno separador del Sistema Alucobond.

De lo anterior hemos diseñado:

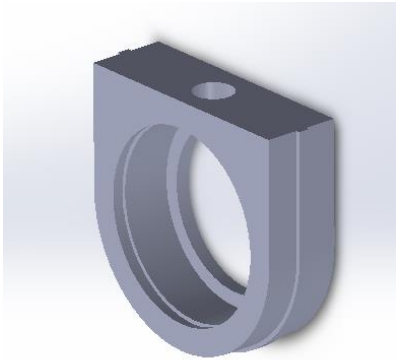


Figura 35. Carcasa Rodamiento guía. “Fuente: Autor”.

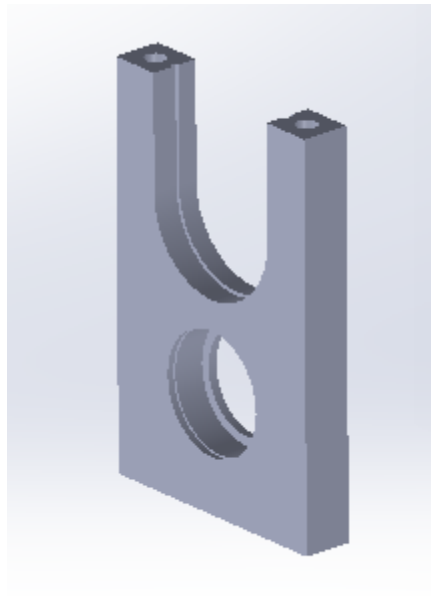


Figura 36. Sistema Estructural: “Fuente: Autor”.

Modificación cilindro para palanca Manual:

Para poder ejercer movimiento se hará según los cálculos para determinar el sistema ideal de palanca y accesorios necesarios para este efecto se tendrá presente establecer en primera mano el torque requerido por elemento de ensamble, en el cual según el esfuerzo cortante máximo definido por el autor (Mott, 2006) $\tau_{max} = \frac{Tc}{J}$.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

τ_{max} = Esfuerzo Cortante Máximo.

T = Par de Torsión.

c = Radio de La superficie externa.

J = Momento de Inercia.

Donde J Momento de Inercia para el eje era igual al del cilindro compacto dado en:

$$J = \frac{\pi}{32} * D^4.$$

$$J = \frac{\pi}{32} * (0.025m)^4$$

$$J = 3 * 10^{-8}m^4$$

$$c = \frac{D}{2}$$

$$c = \frac{0.025m}{2}$$

$$c = 0.0125m$$

$$T = \text{sera la fuerza aplicada en el eje, o sea en el punto } F_c * \frac{D_{eje}}{2}$$

$$T = 115N * \frac{0.025m}{2}$$

$$T = 1.438N * m$$

$$\tau_{max} = \frac{(1.438N * m) * (0.0125m)}{3 * 10^{-8}m^4}$$

$$\tau_{max} = \frac{(1.438N * m) * (0.0125m)}{3 * 10^{-8}m^4}$$

$$\tau_{max} = 599.167 * 10^3 \frac{N}{m^2}$$

$$\tau_{max} = 599.167 * 10^3 \frac{N}{m^2} = 599.167 * 10^3 Pa$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Para el acero forjado SAE1020 donde el autor (Mott, 2006), establece como propiedades de diseño para aceros aleados al carbón en el tabla A-6 en el apéndice 3 su resistencia a la fluencia $S_y = 352 \text{ MPa}$ ó $352 * 10^6 \frac{N}{m^2}$.

Según el método enunciado por el autor (Mott, 2006), para la predicción de fallas según el método de la energía de distorsión para esfuerzos estáticos biaxiales o triaxiales en materiales dúctiles $\tau_{max} = 0.577 * S_y$.

$$\tau_{maxSAE1020} = 0.577 * 352 * 10^6 \frac{N}{m^2}$$

$$\tau_{maxSAE1020} = 203.104 * 10^6 \frac{N}{m^2}$$

Para analizar el eje según los criterios del esfuerzo cortante calculados nuestro diseño en SAE 1020 cumple para el esfuerzo cortante máximo permitido en este material.

Para el sistema palanca eje se tendrán como conceptos a unir con sistema chaflán-Cuña, que traerá con esto la reducción del eje a 20 milímetros en su diámetro por diseño, y se hará chaveta además de anillo de retención para fijación de palanca Motriz.

Para el cálculo de la cuña:

Tenderemos el diámetro del eje 20 milímetros.

Basados en el autor (Mott, 2006) en su tabla 11-1. Que establece el tamaño de la cuña en función del diámetro del eje. Citada sección cuadrada en su ancho $W = 3/16$ pulgadas, Altura $H = 1/4$ pulgadas. Referidas en la norma ANSI B17.1.

La longitud de la uña estará dada por la expresión dada por el autor $L = \frac{4TN}{D*W*S_y}$, $L = \frac{4TN}{D*W*S_y}$

El factor de diseño lo daremos en 3.

$$L = \frac{4(1.438N * m) * (3)}{(0.02m) * (\frac{3}{16} * 0.0254m) * 352 \text{ MPa} \text{ ó } 352 * 10^6 \frac{N}{m^2}}$$

$$L = \frac{4(1.438N * m) * (3)}{(0.02m) * (\frac{3}{16} * 0.0254m) * 352 \text{ MPa} \text{ ó } 352 * 10^6 \frac{N}{m^2}}$$

$$L = 5 * 10^{-4}m$$

$$L = 5 * 10^{-4}m = 0.5m$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Debido a que la longitud de la cuña por los cálculos establecidos teóricos, no son los adecuados hemos buscado en el catálogo de los fabricantes y teniendo en cuenta la normativa “DIN 6885 A”, estableceremos para la denominación de chaveta “Metric Shaft Keys” la referencia “6X6X10” (American Metric® Corporation, 2016). Referente a las medidas de espesor de 6 milímetros, altura 6 milímetros, y largo lo estableceremos en 30 milímetros para que abarque mayor distancia de contacto dentro del chavetero.

Para el segundo tope, utilizaremos el elemento anillo metálico para eje, donde estipularemos la referencia SH-78, propia para ejes de diámetro de 25 milímetros, donde podemos comentar especificaciones según fabricante Rotor Clip Company, INC. (Rotor Clip Company, INC, 2010).

Anillo Retenedor	
Especificación	ensamble Externo
Tipo	SH-78
Material	Acero al Carbón SAE 1060-1090
Diámetro eje [mm]	19.8
Diámetro Ranura en eje [mm]	17.88
espesor en eje [mm]	1.17
Carga de empuje[lb]	3756

Tabla 12. Información estrada de catálogo del producto Motor Clip. (Rotor Clip Company, INC, 2010).

Para nuestro diseño hemos establecido citar Palanca sobre el siguiente diseño:

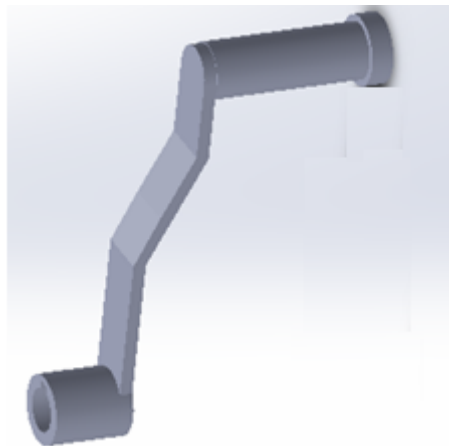



Figura 37. Plano Palanca. “Fuente: Autor”.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

4.2.2.2 Planos Sistema Mecánico.

Ver anexo 3.

4.2.2.3 Implementación según Fundamentos mecánicos.

Se hace fabricación de elementos con el asesor Andrés Pemberthy Builes y adecuación con el asesor Alsergio Velásquez, los cuales fueron contratados por la gerencia de Selco S.A. para la fabricación de las partes según diseño y planos.



Figura 38. Fotografías de cilindros en ensamble con rodamientos y palanca. “Fuente: Autor”.



Figura 39. Fotografías Sistema guías. “Fuente: Autor”.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 40. Fotografías ensamble sistema separador Mecánico Alucobond. “Fuente: Autor”.

Para realizar las diferentes pruebas fue necesario, administrar altura a través de la torre provisional de un taladro de banco según la siguiente imagen.



Figura 41. Fotografía de taladro de banco, Material Alucobond. “Fuente: Autor”.

En el proceso de separación manual se pudo comprobar la temperatura en placa rondaba entre los 90 y 110 grados Celsius, además de al girar a 6 revoluciones por minutos realizaba

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

la separación del Alucobond en sus placas compuestas por aluminio y polietileno. (Ver figura 42, 43, 44 y 45 sobre fotografías de procesó llevado en Instalaciones Selco SA.)



Figura 42. Fotografías de Proceso Manual separación lamina Alucobond. “Fuente: Autor”.



Figura 43. Fotografías de Proceso Manual separación lamina Alucobond. “Fuente: Autor”.

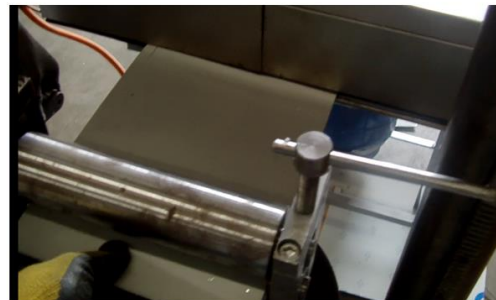


Figura 44. Fotografías de Proceso Manual separación lamina Alucobond. “Fuente: Autor”.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 45. Fotografías de Proceso Manual separación lamina Alucobond. “Fuente: Autor”.

Resaltando la ejecución de la separación de la placa Alucobond en sus componentes por separado como es el caso de las dos placas de aluminio y el polietileno, bosquejamos depurar la mano de obra respecto a la ejecución de torque hacia la palanca dadora del movimiento y fuerza, por lo que referimos trabajar con elementos electromecánicos para esta función. (Ver Sección 4.3.3 Fundamentos Electromecánicos).

4.2.3 Fundamentos Electromecánicos.

Basados en los apartes anteriores, queremos referirnos en este segmento a la manera más óptima para reducir la maniobra u operación manual por personal humano, en el cual analizaremos y escogeremos para nuestro proyecto el mejor sistema de relación de transmisión a su vez de incorporar la maniobra controlar por un sistema eléctrico. A lo cual plantearemos el sistema motorreductor como una forma de reducir la velocidad en el sistema para que llegue a nuestros cálculos establecidos por placa como:

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Velocidad en placas con tendencia a la relación de placas en sus dimensiones menores de ancho 0.3 metros y con largo de 0.6 metros, citada en los apartes anteriores en $15 \frac{m}{min}$. Además para placas de material Alucobond con medidas iguales a 0.3 metros en su ancho, 0.6 metros en el largo, citaremos la velocidad comentada anteriormente en $7 \frac{m}{min}$.

En los sistemas de reducción a través de mecanismos mecánicos se puede mencionar que consiste particularmente de una unidad cerrada por lo general metálica, y dentro de ella suscitan en conexión serie un número definido de elementos, que buscan reducir la velocidad de entrada con relación a la velocidad de salida, estos elementos son componentes como ejes, rodamientos, engranajes rectos y/o helicoidales, este conjunto por lo general es llamado como el módulo de reducción.

Para completar el sistema y funcionalidad, se dispone adicionalmente a los accesorios los elementos como el motor o generador de potencia mecánica, que por lo general es de un motor eléctrico, además de sus diferentes acoples entre compuestos para funcionamiento adecuado del sistema.

Para definir la variable de reducción de velocidad es necesario determinar tanto la velocidad de salida como la de entrada del circuito, también de la capacidad necesaria para transmitir la potencia mecánica en su relación, con estos se define la capacidad del motor, el módulo de reducción, los diferentes acoples para ensamble y montaje del dispositivo.

Algunos fabricantes como Nord definen la relación de Reducción con la letra “i” asignando la proporción frente al inicial, dando como ejemplo:

Serie de relaciones de reducción												
5	7,5	10	12,5	15	20	25	30	40	50	60	80	100
Relaciones de reducción unificadas para los 5 tamaños de reductores unificados												

Tabla 13. Tabla extraída de Serie de Relación De reducciones Nord. (Nord, 2008).

Para los modelos de la corporación Nord grado de rendimientos es destacado por la utilización de aceites sintéticos y la ingeniería en el diente del circuito de reducción, además de la mejor selección de rodamientos en la caja de reducción, en el cual podemos establecer algunos ejemplos:

Grados de rendimiento η a $n_1=1750 \text{ min}^{-1}$													
isch	5	7,5	10	12,5	15	20	25	30	40	50	60	80	100
SK 1SI 31: η [%]	87	83	80	77	72	68	65	56	51	47	43	37	32
SK 1SI 40: η [%]	89	85	83	81	76	72	69	61	56	52	48	42	37

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO								Código	FDE 089				
									Versión	03				
									Fecha	2015-01-22				

SK 1SI 50: η [%]	91	88	86	84	80	77	74	66	62	58	54	48	43
SK 1SI 63: η [%]	92	90	88	87	83	80	77	70	66	62	59	53	49
SK 1SI 75: η [%]	93	91	90	89	85	83	81	79	70	67	64	59	54

Tabla 14. Tabla extraída de Grado de Rendimiento Nord. (Nord, 2008).

Fue recomendado por cada uno de los diferentes fabricantes definir mayor información en ficha técnica propia para atenuar información de variables y funcionamiento.

Además para nuestro proyecto estableceremos como controlador principal los sistemas eléctricos denominados “Variadores de Velocidad” que se define como un conjunto de elementos eléctrico-electrónicos ensamblados con la finalidad de realizar cambio de variables específicas a la fuente como es el caso del Voltaje, Amperaje, Frecuencia, secuencias de arranque, secuencias de parada, ciclos de operación, en un dispositivo por lo general de transmisión de energía eléctrica a mecánica que se describen en los motores eléctricos.

La variación de la velocidad en un motor eléctrico dependerá del número de polos y la frecuencia llegando a estipular la ecuación:

$$n_s = \frac{120 * f}{p}$$

n_s =Velocidad asincrónica.

f =Frecuencia.

p = Numero de Polos.

Otro de los aspectos importantes a tener para la selección de un variador de velocidad es el sitio de trabajo, en donde se evidencian las condiciones de trabajo, el sistema de ciclos y cargas de los elementos y variables a controlar.

Para tener en cuenta en el diseño que la frecuencia a fluctuar dependerá de las condiciones específicas del motor, con base a la potencia, corriente nominal, voltaje nominal, revolución nominal. Definido por cada fabricante para mantener las buenas prácticas en su funcionamiento.

Para la entrega del par de torsión nominal del motor, los estándares dados en la norma IEC 60034-1, establecen dos zonas en grafica que acentúa la tolerancia frente a la tensión y la frecuencia en dos zonas llamadas A y B. donde la zona A establece cifra la desviación de tensión y frecuencia bajo el límite mínimo o estándar de operación, dando para la tensión +/- 5% y la frecuencia de +/-2%, y para la zona B como límite máximo de operación a par

torsión nominal, dando para la tensión +/- 10% y para la frecuencia 3/-5%. Además de recomendar en norma utilizar en la zona B solo el motor por pocos periodos de tiempos para no alterar la temperatura y por consiguiente la afectación en sus aislantes.

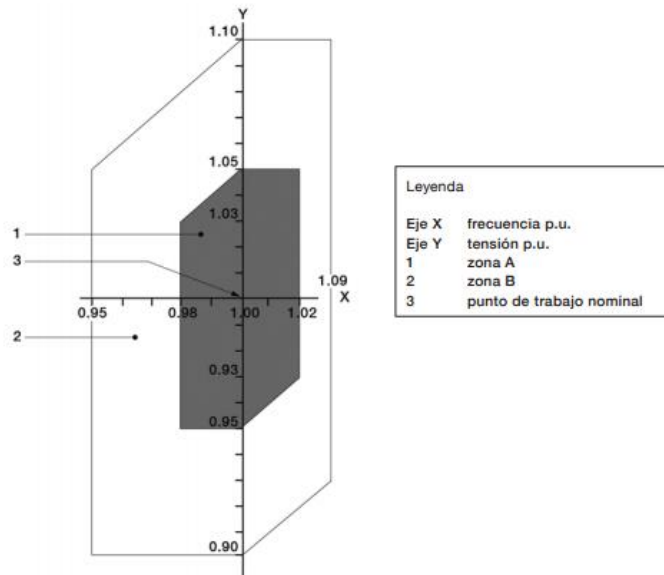


Figura 46. Gráfico de Figura 3.1 Desviación de la tensión y frecuencia. (ABB, 2014).

Además de mencionar el autor (ABB, 2014), “de acuerdo con la IEC60034-1, la tolerancia máxima permitida entre el resultado de la prueba y el valor declarado en la placa característica (o en catalogo), los resultados de las pruebas están basados en test basados en la IEC60034-2-1, IEC 60034-9 y la IEC 60034-12”.

	Eficiencia	Factor potencia	Intensidad rotor bloqueado	Par rotor bloqueado	Par mínimo	Momento de inercia	Nivel de ruido
P_N (kW) ≤ 150	-15 % (1- η)	-1/6 (1-cos ϕ)	+20 % of the current	[-15 % +25 %] of the torque	-15 % of the value	± 10 % of the value	+3 dB(A)
P_N (kW) > 150	-10 % (1- η)	-1/6 (1-cos ϕ)	+20 % of the current	[-15 % +25 %] of the torque	-15 % of the value	± 10 % of the value	+3 dB(A)
Slip							
P_N (kW) < 1	± 30 %						
P_N (kW) ≥ 1	± 20 %						

Figura 47. Gráfico Extraído de las Tolerancias (ABB, 2014)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.2.3.1 Diseño Fundamentos Electromecánicos.

Para el motorreductor basados en el torque a manejar de más o menos 17.25 N*m, extraído de la mayor fuerza a suministrar y su distancia frente al punto de apoyo del rodamiento.

$$T_{max} = 115N * 0.15m$$

$$T_{max} = 17.25Nm$$

Además de el voltaje a suministrar que en Colombia para zonas comerciales entre 208-220 Voltios a una frecuencia de 60 Hz, y determinando con número de polos en el motor como 4 Polos estandarizado para motores comerciales a los voltajes de 220 Voltios.

Estableceremos según la ecuación $n_s = \frac{120*f}{P}$, denominando a "n_s" como la velocidad de salida, "f" como la frecuencia de la red, y "P" como el número de polos, estipulara una velocidad de 1800 RPM. En la cual según la especificación del fabricante Nord, tenemos que para el este Torque mínimo sugiere y daremos elección como alternativa el modelo de motorreductor de estado sin fin universal, en referencia SK 1 SI 40-IEC63-63L/4 con sus características según autor (Nord, 2008):

PROPIEDAD	REFERENCIA
motorreductor de estado sin fin	SK 1 SI 40-IEC63
Torque de Salida "M2"	17 Nm
Diámetro de eje o agujero	25mm
Potencia variable [kW]	Revolución Salida [RPM]
0.12	28
0.18	65
0.37	168

Tabla 15. Tabla con información motorreductor SK 1 SI 40-IEC63 (Nord, 2008).

Teniendo en cuenta lo anterior, y para asociar a este modelo el prototipo más adecuado, citaremos como datos importantes la potencia Eléctrica total de 0.37KW o ½ HP, dando a referir a los diferentes fabricantes la especificación de los siguientes modelos para los variadores, además de tener en cuenta como límite máximo de operación a par torsión nominal, dando para la tensión +/- 10% y para la frecuencia 3/-5% dado en los estándares dados en la norma IEC 60034-1. Adicionando a la búsqueda de estándares en la industria, para acercar nuestro prototipo con la visión de elementos de consecución local, pudimos establecer la información siguiente de proveedores en Colombia:

EMPRESA	REFERENCIA VARIADOR	MARCA	PROCEDENCIA
---------	---------------------	-------	-------------

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Diversidad Electrónica "Ingeniería y soporte"	Variador marca Kinda de 1HP	KINDA	CHINA
	MOTORREDUCTOR 1/2HP 1800RPM TRIFASICO, RELACION 10:1 MARCA SITTI	SITTI	ITALIANA
Tecnotransmisiones Medellin SAS	VARIADOR DE VELOCIDAD 1HP 220V MARCA HOLIP	HOLIP	CHINA
	MOTORREDUCTOR SITI SINFIN CORONA 90° TRIFASICO POTENCIA: 0.5HP VEL DE ENTRADA: 1150RPM RELACION:100/1 VEL FINAL: 10.5RPM CORRIENTE NOMINAL: 220/440V TORQUE NOMINAL: 185.9NM FACTOR DE SERVICIO: 1.07	SITTI	ITALIANA
TRAINCOL SAS	ARIADOR DE FRECUENCIA MARCA: TECO WESTINGHOUSE REFERENCIA: L510-201-H3 AMP SALIDA: 4.2 AMP VOLTAJE: 230 VAC HZ: 60 PH: 3 FASES	TECO WESTINGHOUSE	CANADA
	MARCA: SITI TIPO: SINFIN CORONA REFERENCIA: MU63-MS7136 POTENCIA: 0,5HP / 1150 RPM RATIO: 100/1 RPM: 10 RPM EJE SALIDA: 25 MM T MAX: 199NM	SITTI	ITALIANA

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

MOTORREDUCTORES & EQUIPOS	CORONA REFERENCIA-----SK 1SI40/H10- IEC B14(C90) 63S/4	WORD	Alemania
---------------------------	--	------	----------

Tabla 16. Información de proveedores locales.

Para nuestro proyecto hemos decidido utilizar la referencia Word, ubicada y fabricada a través del sistema tornillo sin fin, con la relación de velocidad a entregar del 100/1, motor 0.5 HP, velocidad de Salida 10 RPM, con torque máximo en eje de 199N*m, además del eje de salida de 25 milímetros.

Para la conexión y funcionamiento lógico del sistema hemos recurrido al manual propio del motorreductor Yaskawa (YASKAWA, 2008), para dar configuración al sistema automático, cifrando el arranque en rampla con tiempo establecido en 5 segundos, además de tener la relación de arranque, parada de emergencia o pare establecido y reversa. Citando las siguientes conexiones tanto para la potencia como para el control en las figura 48 referido al plano de potencia y control del sistema variador y motorreductor.

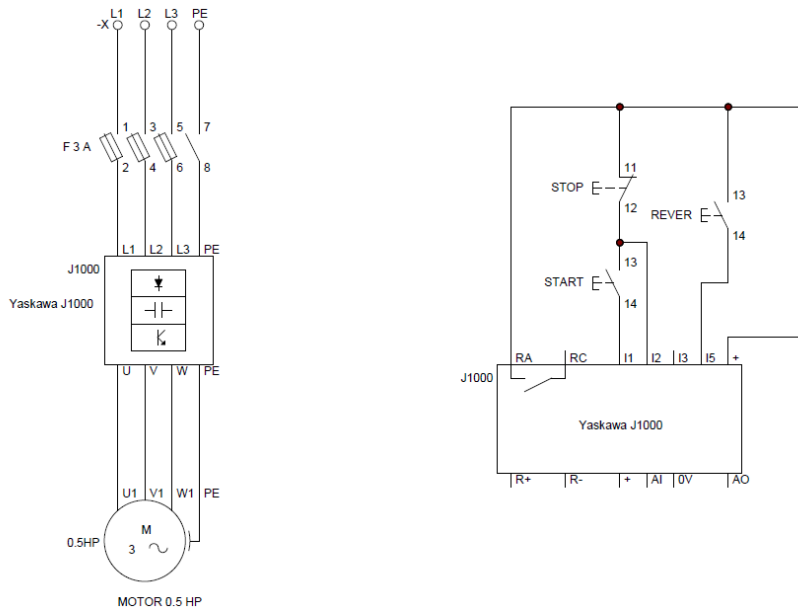


Figura 48. Plano potencia y control del sistema variador y motorreductor.

Teniendo en cuenta que la velocidad a transmitir hacia los cilindros será menor de 11 RPM, se tendrá en cuenta otros métodos sugeridos para la reducción y transmisión de potencia mecánica como lo manifiesta el autor bosquejando por el autor (Mott, 2006) donde define la transmisión por cadena como un mecanismo flexible, para sistemas de transmisión con fuerzas de tensión elevadas, con baja fricción entre elementos, sugerido para velocidades

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

bajas, además está relacionada en la transmisión de potencia por ejes rotativos, constituida por un conjunto denominado cadena que a su vez está compuesto por eslabones unidos por dos pernos, que se entrelazan en dos o más piñones dentados denominados en el sistema de transmisión como Catarina y Piñón. Además de citar la especificaciones basados en el paso de la Cadena, diámetros; ángulos y longitudes constituidos a visión de la relación de transmisión.

El autor (Mott, 2006) define:
$$D = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{N}\right)}$$

D = Diámetro de Piñón o Catalina

D_1 = Diámetro del Piñón.

D_2 = Diámetro de la Catalina.

N = Numero dientes de la Catalina.

N_1 = Numero de dientes de la catalina Menor

N_2 = Numero de dientes de la Catalina Mayor.

p = Paso de la cadena

Primero se deberá para calcular la Potencia de diseño " P_d "; entonces la $P_d = P * F_s$: donde se estimara de la potencia suministrada por el Factor de Servicio F_s ; el cual se establece en la tabla17 según tabla 7-8 de Factores de Servicio para Transmisiones por Cadenas. (Mott, 2006).

FACTORES DE SERVICIO PARA TRANSMISIONES POR CADENA			
TIPO DE CARGA	TIPO DE IMPULSOR		
	IMPULSOR HIDRÁULICO	MOTOR ELÉCTRICO O TURBINA	MOTOR DE CONBUSTIÓN INTERNA CON TRANSMISIÓN MECÁNICA
Uniforme(Agitadores, ventiladores, transportadores con carga ligera y uniforme)	1.0	1.0	1.2
Choque moderado (Máquinas herramientas, grúas, transportadores pesados, mezcladores de alimento y molinos)	1.2	1.3	1.4

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Choque Pesado (Prensas de troquelado, molinos de martillo, transportadores alternos, accionamientos de molino de rodillos)	1.4	1.5	1.7
---	-----	-----	-----

Tabla 17. De tabla 7-8 Factores de Servicio para Transmisiones por Cadenas. (Mott, 2006).

El F_s según la tabla 7-8 Factores de Servicio para Transmisiones por Cadenas. (Mott, 2006). Para transmisión de motor eléctrico con tipo de carga pesada, se establecerá en 1.5. Dejando $F_s = 1.5$

$$P_d = 0.5 \text{ HP} * 1.5$$

$$P_d = 0.75 \text{ HP}$$

Luego con la potencia de diseño damos a conocer el paso de la cadena, en el cual el autor (Mott, 2006); nos da la recomendación de búsqueda en la de tabla 7-5 Capacidades en caballos de fuerza para cadena simples de rodillos número 60. (Mott, 2006). Y además en las recomendaciones de diseño denominada “lineamientos de diseño para transmisiones por cadenas”, citando la cantidad de dientes en una catalina deberá ser de 17 como mínimo. Encontrando en la tabla 7-5 Capacidades en caballos de fuerza para cadena simples de rodillos número 60. (Mott, 2006), para el Paso de 0.750 Pulgadas de paso, entre las revoluciones de 10 y 25 RPM, una potencia a transmitir de diseño entre los 0.29 y 0.7 HP, para en número de dientes de 17. Cumpliendo con la potencia de Diseño dada en más o menos 0.75HP, además de citar el tipo de lubricación adecuado para nuestro sistema en tipo A, determinado para la lubricación manual o por goteo.

De lo anterior podemos citar:

$$N_1 = 17$$

$$p = 0.750 \text{ pulgadas por paso.}$$

Para el cálculo del número de dientes definimos la relación de transmisión de potencia sobre el entregado sobre el esperado según la revoluciones por minuto:

$$n = \frac{n_1}{n_2}$$

n = Relación de revoluciones por Minuto.

n_1 = Revoluciones por Minuto de la catalina Menor.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

n_2 = Revoluciones por Minuto de la catalina Mayor.

n_1 = 10 RPM "lo teórico a entregar por el Moto Reductor".

n_2 = 6 RPM "lo esperado para sistema Cilindros del separador Alucobond".

$$n = \frac{10 \text{ RPM}}{6 \text{ RPM}}$$

$$n = 1.67$$

Entonces para el número de dientes de la catalina mayor tenemos:

$$N_2 = N_1 * n$$

$$N_2 = 17 * 1.67$$

$$N_2 = 28.39$$

Aproximando:

$$N_2 = 28 \text{ Dientes.}$$

Según la ecuación de la velocidad de salida esperada $n_2 = \frac{n_1 * N_1}{N_2}$, (Mott, 2006).

$$n_2 = \frac{10 \text{ RPM} * 17}{28}$$

$$n_2 = 6.07 \text{ RPM}$$

Para el diámetro de la catalina Menor D_1

$$D_1 = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{N_1}\right)}$$

$$D_1 = \frac{0.75}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{17}\right)}$$

$$D_1 = 4.08 \text{ pulgadas}$$

Aproximando:

$$D_1 = 4 \text{ pulgadas}$$

Para el diámetro de la catalina Mayor D_2

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$D_2 = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{N_2}\right)}$$

$$D_1 = \frac{0.75}{\text{sen}\left(\frac{180^\circ}{28}\right)}$$

$$D_1 = 6.698 \text{ pulgadas}$$

Aproximando:

$$D_1 = 7 \text{ pulgadas}$$

Tomando en cuenta los comentarios del autor (Mott, 2006), referente a la longitud de la cadena "L", y la distancia entre centros "C"; de separación entre la catalina menor y Mayor dada por la expresión:

$$C = \frac{1}{4} \left(L - \frac{N_2 + N_1}{2} + \sqrt{\left[L - \frac{N_2 + N_1}{2} \right]^2 - \frac{8 * (N_2 - N_1)^2}{4\pi^2}} \right)$$

$$L = 2C + \frac{N_2 + N_1}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 C}$$

De la ecuación de la longitud, es recomendada por el autor (Mott, 2006), deberá ser entre 30 y 50 pasos de la cadena ó 30 y 50 veces el paso de la cadena.

C referencial lo calcularemos en 40 pasos de cadena.

Para la ecuación:

$$L = 2(41) + \frac{(28) + (17)}{2} + \frac{(28 - 17)^2}{4\pi^2 * (41)}$$

$$L = 104.57 \text{ pasos por cadena}$$

$$L = 104.57 \text{ pasos} * 0.75 \frac{\text{pulgadas}}{\text{pasos}}$$

$$L = 78.43 \text{ pulgadas}$$

Aproximando:

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

$$L = 78 \text{ pulgadas}$$

Para la distancia entre centros:

$$C = \frac{1}{4} \left(104.57 + \frac{28 + 17}{2} + \sqrt{\left[104.57 + \frac{28 + 17}{2} \right]^2 - \frac{8 * (28 - 17)^2}{4\pi^2}} \right)$$

$$C = 52.26 \text{ Pasos de cadena}$$

$$C = 52.26 \text{ Pasos} * 0.75 \frac{\text{pulgadas}}{\text{pasos}}$$

$$C = 39,195 \text{ pulgadas}$$

Aproximando:

$$C = 39 \text{ pulgadas}$$

Para el arco de contacto de la catalina Menor " θ_1 " y para el alguno de contacto de la catalina Mayor " θ_2 ", el autor (Mott, 2006) nos refiere las siguientes ecuaciones:

$$\theta_1 = 180^\circ - 2 * \text{sen}^{-1} \left[\frac{D_2 - D_1}{2C} \right]$$

$$\theta_2 = 180^\circ + 2 * \text{sen}^{-1} \left[\frac{D_2 - D_1}{2C} \right]$$

Para nuestro sistema:

$$\theta_1 = 180^\circ - 2 * \text{sen}^{-1} \left[\frac{6.7 - 4}{2(39.195)} \right]$$

$$\theta_1 = 176^\circ$$

$$\theta_2 = 180^\circ + 2 * \text{sen}^{-1} \left[\frac{6.7 - 4}{2(39.195)} \right]$$

$$\theta_2 = 183.9^\circ$$

Aproximando:

$$\theta_2 = 184^\circ$$

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

4.2.3.2 Planos Fundamentos Electromecánicos.

Ver anexo 4

4.2.3.3 Implementación Fundamentos Electromecánicos.

Se hace la compra de los elementos como el motorreductor y el variador de velocidad, compra y ajustes a las catalinas de referencia # 60 de 17 y 28 dientes para los diferentes diámetros de ejes y cuñeros, compra de la cadena de referencia #60 para tipo de lubricación por goteo, además se contrata al asesor Alsergio Velásquez para la adecuación con tubería cuadrada estructural de PTS 60x60, con 2.5 de espesor, fabricada con acero ASTM A 500 NTC 4526.



Figura 49. Fotografías estructura Final del sistema Separador Alucobond (Fuente: Autor).



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Figura 50. Fotografías estructura Final del sistema Separador Alucobond (Fuente: Autor).



Figura 51. Fotografías motorreductor Nord y Variador de Velocidad Yaskawa (Fuente: Autor).



Figura 52. Fotografías sistema controlador Variador Yaskawa (Fuente: Autor).



Figura 53. Fotografías ensamble del sistema Separador Alucobond (Fuente: Autor).



Figura 54. Fotografía Final del sistema Separador Alucobond (Fuente: Autor).

Se hacen las diferentes pruebas, visualizando comportamiento térmico más o menos en horno de 235 a 250 grados Celsius y en la placa de Alucobond entre 90 y 100 grados Celsius, y de separación según los cálculos realizados se obtuvo y dio ajuste a laminas para la separación de material Alucobond en tres laminas, 2 láminas de aluminio y una lámina del material polietileno.



Figura 55. Fotografía entrada lamina de Alucobond (Fuente: Autor).

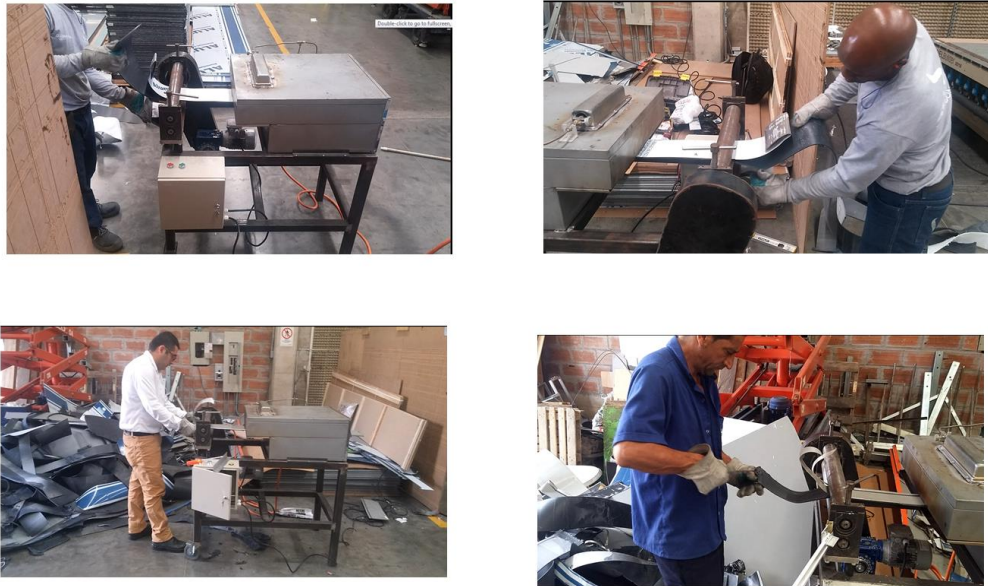
	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



Figura 56. Fotografía Saliendo lamina de Alucobond del horno entrando en Rodillos. (Fuente: Autor).



Figura 57. Fotografías Saliendo de Rodillos. (Fuente: Autor).



	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Figura 58. Fotografías Saliendo de Rodillos. (Fuente: Autor).



Figura 59. Fotografías Separación de Material Alucobond (Fuente: Autor).

Para dar soporte a las diferentes conclusiones de nuestro proyecto, quisimos identificar a través de la consecución de probetas en primera instancia el peso dado por la misma en función del área estipulada en 1cm^2 . (Ver figuras de probetas de Material Alucobond).

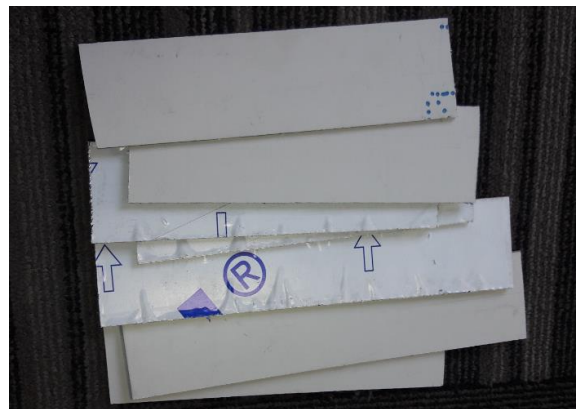


Figura 60. Figuras de probetas de Material Alucobond. “Fuente: Autor”.

Se hace pesaje con báscula digital con capacidad de 7 Kilogramos de referencia SF-400 denominación Electronic Kitchen Scale, a lo cual nos dio a conocer los siguientes aspectos:

1. Medidas establecida en Probetas:

Probeta Alucobond	
Ancho [cm]	longitud [cm]
6.1	26.6
6	21.6

Tabla 18. Tabla especificación probetas Material Alucobond. “Fuente Autor”.



Figura 61. Fotografía de probetas Material Alucobond. “Fuente Autor”.

2. Pesos en probetas analizadas en su unidad compacta:

Probeta Alucobond		
Ancho [cm]	longitud [cm]	Peso [gr]
6.1	26.6	84
6	21.6	68

Tabla 19. Tabla Peso probetas Material Alucobond. “Fuente Autor”.



Figura 62. Fotografía Peso probetas Material Alucobond. “Fuente Autor”.

3. Peso medido para 4 unidades de probeta Material Alucobond de 6 x 21.6 centímetros.

Probeta Alucobond 6 x 21.6 cm			
Ancho [cm]	Longitud [cm]	Peso [gr]	COMENTARIOS
6	21.6	270	Peso por 4 Unidades.
		67.5	Promedio

Tabla 20. Tabla Peso de 4 probetas Material Alucobond 6x 21.6 centímetros. “Fuente Autor”.



Figura 63. Fotografía Peso 4 probetas Material Alucobond 6 x 21.6 centímetros. “Fuente Autor”.

4. Peso de aluminio después de separación Aucubond de probeta con medidas de 6 centímetros de ancho por 21.6 centímetros de largo. En el cual pudimos establecer que en la recuperación del aluminio se obtienen dos pesajes de lámina por separado, debido a que en uno de los lados de la placa de aluminio por la configuración de material Alucobond viene con un recubrimiento de pintura propia para su utilización en fachadas.

Peso aluminio 6 x 21.6 cm			
Ancho [cm]	longitud [cm]	Peso [gr]	COMENTARIOS
6.1	21.6	19	Lamina de aluminio donde se encuentra la película de Pintura
6.1	21.6	14	Lamina de aluminio sin película de pintura
6.1	21.6	33	total

Tabla 21. Tabla Peso probeta aluminio 6x 21.6 centímetros. "Fuente Autor".

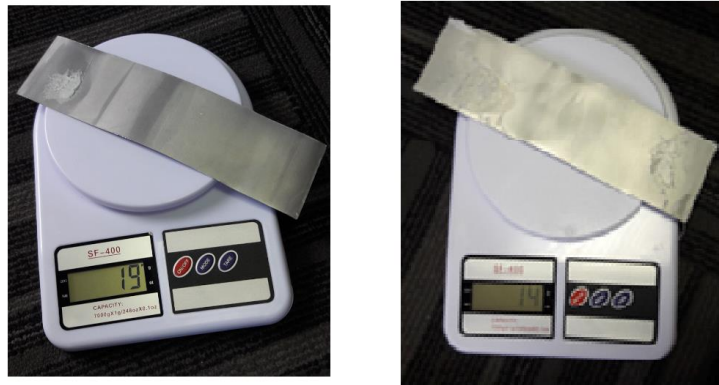


Figura 64. Fotografía Peso probeta aluminio 6 x 21.6 centímetros. "Fuente Autor".

5. Peso de polietileno después de separación Alucobond de probeta con medidas de 6 centímetros de ancho por 21.6 centímetros de largo.

Peso Polietileno 6 x 21.6 cm		
Ancho [cm]	longitud [cm]	Peso [gr]
6.1	21.6	35

Tabla 22. Tabla Peso probeta polietileno 6x 21.6 centímetros. "Fuente Autor".



Figura 65. Fotografía Peso probeta polietileno 6 x 21.6 centímetros. “Fuente Autor”.

De lo anterior pudimos establecer que cada área determinada en 1 cm^2 , de material compuesto en conjunto sobre el compuesto Sandwich Alucobond, se obtiene un peso en referencia de $0.525\frac{\text{gr}}{\text{cm}^2}$. De los cuales el $0.27\frac{\text{gr}}{\text{cm}^2}$ corresponden a la recuperación del polietileno y $0.25\frac{\text{gr}}{\text{cm}^2}$ corresponderán a la recuperación del Aluminio, también podemos entablar que de la composición global el 51.47 % corresponderá al polietileno y el 48.53% corresponderá al aluminio.

Se hace prueba en instalaciones de Selco S.A. para la fecha del 8 de Julio del 2017, para determinar y comprobar lo anterior calculado, frente a la separación y los porcentajes del material recuperado en el cual se pudo estable lo siguiente:

1) Medidas y peso en placas:

Se establece en la siguiente tabla las medidas según la configuración de la placa a pasar por maquina separadora de material Alucobond al igual que el pesaje dado en gramos de las mismas citado en:

Lamina de Alucobond Alutite		
Ancho [cm]	longitud [cm]	Peso [gr]
8	230	1382
8.2	230	1162
8	55	255.5
0.8	53.5	22.5
34	150	2485

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

23	150	1713
46.5	200	4280

Tabla 23. Tabla Medidas y pesos de las placas a recuperar. “Fuente Autor”.



Figura 66. Fotografía Medidas de ancho y largo a Láminas a separar. “Fuente Autor”.



Figura 67. Fotografía Medición de peso a Láminas a separar. “Fuente Autor”.



Figura 68. Fotografía Separación de Lámina Alucobond en placa aluminio por dos por una de polietileno. “Fuente Autor”.

2) Peso Individual aluminio y polietileno:

Se hace el pesaje del material que compone el Alucobond, de las dos capas de aluminio y el polietileno dando como resultado:

Lamina de Alucobond Alutite	
Peso Polietileno [gr]	6400
Peso Aluminio [gr]	4750
TOTAL [gr]	11150

Tabla 24. Tabla Medición peso de Separación de Lámina Alucobond en placa aluminio por dos por una de polietileno. “Fuente Autor”.



Figura 69. Fotografía de Medición peso de Separación de Lámina Alucobond en placa aluminio por dos por una de polietileno. “Fuente Autor”.

En el mercado Colombiano actualmente cita para 1 tonelada de aluminio un precio establecido en unos 5´569.446 Pesos Colombianos. (Indexmundi, 2017). Bosquejando mayor información por el Autor (Indexmundi, 2017) en relación a gráfico y tabla teniendo en cuenta que la pureza dada a conocer por la fuente cita en el 95%:

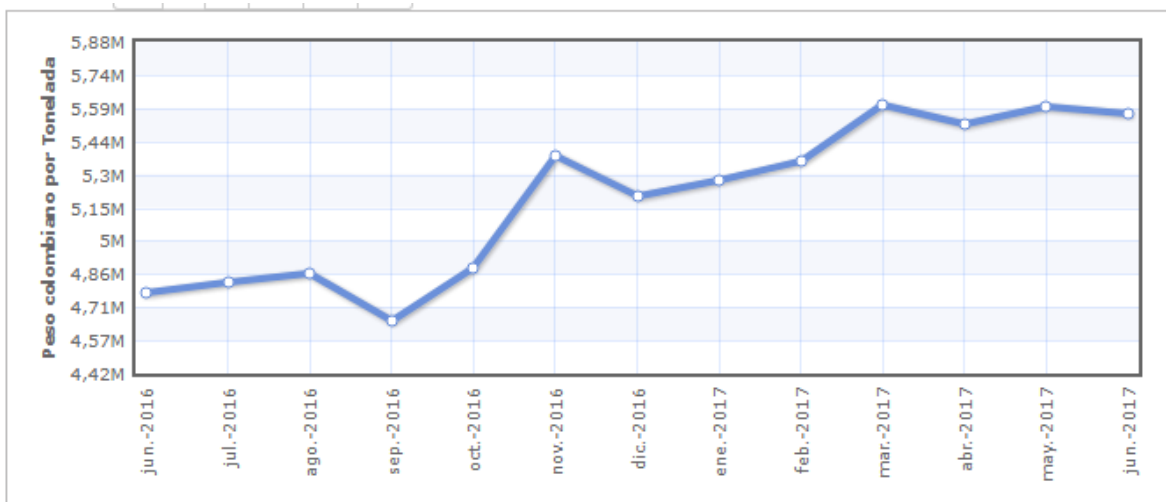


Figura 70. Gráfico de comportamiento Moneda Colombiana frente al peso en Tonelada. (Indexmundi, 2017)

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ALUMINIO 95%		
Mes	Precio	Tasa de cambio
jun-17	\$ 5,569,446.00	-0,47 %
may-17	\$ 5,595,736.00	1,36 %
abr-17	\$ 5,520,614.00	-1,47 %
mar-17	\$ 5,603,101.00	4,57 %
feb-17	\$ 5,358,399.00	1,63 %
ene-17	\$ 5,272,495.00	1,40 %
dic-16	\$ 5,199,667.00	-3,36 %
nov-16	\$ 5,380,664.00	10,20 %
oct-16	\$ 4,882,507.00	4,96 %
sep-16	\$ 4,651,896.00	-4,30 %
ago-16	\$ 4,860,873.00	0,73 %
jul-16	\$ 4,825,804.00	1,10 %
jun-16	\$ 4,773,293.00	-

Tabla 25. Tabla representativa Moneda Colombiana frente a peso en Tonelada.
(Indexmundi, 2017).

Para dar clasificación de precio del polietileno fue necesario recurrir a fuentes de internet de mercado de venta de plástico, donde en la plataforma (SoloStocks.com.co ©, 2017), cita para 1 tonelada un precio en moneda Dólar de 530, y realizando un cálculo para cada Kilogramo serian en Pesos Colombianos unos 1590 Pesos, aclarando que este material se vende además del peso en forma pulverizado para ser operativo en las máquinas de soplado o inyección de plástico.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

POLIETILENO	
Precio COP por Kilogramo	
\$	1,590.00

Tabla 26. Tabla representativa Moneda Colombiana frente a peso en Kilogramos. Tabla representativa del Peso Colombiano frente a peso en Tonelada. (Indexmundi, 2017).

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

5 CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO

- Basados en los cálculos, estatutos y conceptos derivados de las áreas Térmica, mecánica y electromecánica, además de las características propias del material Alucobond, se pudo entablar el modelo, diseño, fabricación e implementación de un sistema para la separación del compuesto tipo Sándwich a través del método de separación Termo-Mecánico.
- Tomando como referencia los resultados obtenidos en el proyecto de separación Alucobond, se pudieron establecer en porcentaje la composición de los derivados del material Alucobond, citándolo en dos placas de aluminio y una de polietileno, dejando el cálculo porcentual aproximado para el aluminio un 48.53% (tomando base las dos placas de aluminio), y para el polietileno en un 51.47% del peso sobre la lámina a dar separación. A la vez de obtener su peso promedio por centímetro cuadrado en la composición del Alucobond, dejando referente en peso total de Lámina por centímetro cuadrado en $0.525 \frac{gr}{cm^2}$; de los cuales el $0.27 \frac{gr}{cm^2}$ corresponderán a la recuperación del polietileno y $0.25 \frac{gr}{cm^2}$ corresponderán a la recuperación del aluminio.
- Actual mente el precio del aluminio en el mercado Colombiano cita alrededor de los 5.569 Pesos Colombianos en una pureza del 95% y para el polietileno 1590 pesos Colombianos como precios bases, en el cual para nuestros resultados de las muestras obtenidas en la recuperación de las 7 placas para un pesaje de 4.7 Kilogramos de aluminio y 6.4 Kilogramos de polietileno una ganancia de 26.453 Pesos Colombianos para el aluminio, y para el polietileno de 10.176 Pesos Colombianos. Cabe recalcar que para poder generar dividendos por el polietileno es

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

necesario realizar proceso adicional de pulverización o reducción a partículas más pequeñas el material para su venta.

- Según información de producción en la empresa Selco S.A. manifiestan tener cada mes un promedio entre media y una tonelada al mes después del servicio de corte de lámina, por lo anterior se tendría un promedio por venta actual frente el aluminio entre un millón treientos cincuenta mil pesos y dos millones setecientos dos mil pesos, más el polietileno logrando bajarlo a material particulado entre los cuatrocientos nueve mil pesos y los ochocientos dieciocho mil pesos por mes.
- Como recomendación a futuro se bosquejan realizar compra o generación de dispositivo capaz de reducir las dimensiones actuales en la recuperación del polietileno, para tener forma de venta y recaudo por el mismos, además de generar un mecanismo de traslación igual que el mecanismo mecánico para la suministro de fuerza y movimiento en la zona de separación mecánica, a la entrada del horno separador de Alucobond con el fin de bajar la manipulación manual en la entrada de la lámina y estandarizar más el proceso en forma de ciclo.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

REFERENCIAS

- 3A Composites USA Inc. (2015). ALUCOBOND PE. *3A Composites USA Inc*, 2.
- 3A Composites USA INC. (2015). *Alucubond PE Tech Data*. Kentucky USA: 3A Composites USA INC.
- ABB. (2014). *Motores de baja tensión La guía del Motor* (3 ed.). ABB.
- Aceros Mapa. (2017). <http://www.acerosmapa.com.co/index.php/productos/aceros-estructurales/angulos>. Obtenido de <http://www.acerosmapa.com.co>.
- ALUCOBOND®. (Julio-Diciembre de 2012-2016). <http://www.alucobond.com/recycling-and-voc-rating.html?&L=%3B%7Cid%7C%3B%3A>. Recuperado el 14 de Febrero de 2017, de Recycling.
- Aluminum Association European. (2016). *Sustainability Of Aluminum In Buildings*. Brussels, Belgium: Aluminium, Association European. Recuperado el 14 de 02 de 2017, de Wicona.
- American Metric® Corporation. (9 de 08 de 2016). <http://www.ametric.com/images/document/Keys-MetricShaft.pdf>. Obtenido de <http://www.ametric.com>.
- Çengel, Y. (2007). *Transferencia de Calor y Masa* (3 ed.). (S. D. McGRW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, Ed.) México, D.F.: McGRW-HILL/INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.
- Çengel, Y. A., & Boles, M. A. (2006). *Termodinamica* (5Th ed.). (C. Cordero Pedraza, Trad.) Mexico.: Mc Graw Hill.
- Codiacero. (2008). http://www.codiacero.com/catalogos/productos_industriacomercio_laminas.pdf. Obtenido de <http://www.codiacero.com>.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- COFACO Ind. (2012). Quemadores Infrarrojos Catalíticos. En Q. I. BX, *Quemadores Infrarrojos Catalíticos* (pág. 5). Argentina: COFACO Ind. y Com.S.R.L. Obtenido de <http://www.cofaco.com.ar>.
- Cooper, B. (8 de 2013). THE NAME SAYS IT ALL. *Alucubond*, 16.
- Evans, J., May, W., Peace, J., & Smith, C. (Feb 8, 2007). *USA Patente nº US20070028432 A1*.
- Fávaro, S., Freitas, A., Ganzerli, T., Pereira, A., Cardozo, A., & Baron, O. (2013). PET and aluminum recycling from multilayer food packaging using supercritical ethanol. *Elsevier B.V.*, 6.
- Indexmundi. (07 de 2017). <http://www.indexmundi.com/es/precios-de-mercado/?mercancia=aluminio&meses=12&moneda=cop>. Obtenido de <http://www.indexmundi.com>.
- Mott, R. (2006). *Diseño De Elementos De Máquinas* (Cuarta Edición ed.). (P. E. INC, Ed.) México: Prentice Hall INC.
- Nord. (2008). *REDUCTORES DE SINFIN SERIE UNIVERSAL REF 6051525.2908*. Waunakee: Nord.
- Plasticbages Industrial, S.L. (04 de 11 de 2016). <http://www.plasticbages.com/caracteristicaspolielieno.html>. Recuperado el 14 de 02 de 2017, de <http://www.plasticbages.com>.
- Rotor Clip Company, INC. (2010). *Especificación de Producto*. omerset, NJ: Rotor Clip Company, INC;.
- Selco SA. (2016). Ficha Técnica, Alucobond. *Selco SA*, 2.
- SKF. (2015). *Rodamientos (P U B B U / P 1 10000/ 2 E S ed.)*. Estados Unidos: SKF.
- SoloStocks.com.co ©. (2017). <http://www.solostocks.com.co/venta-productos/plastico-reciclado/plastico-reciclado-recuperado-hdpe-3783375>. Obtenido de <http://www.solostocks.com.co>.
- TAIZHOU GUANGLONG WIRE STRIPPING MACHINE MANUFACTURING CO., L. (2017). <http://es.scrap-wire-stripper.com/aluminium-composite-panel-separator/29975299.html>. Obtenido de Aluminium Composite Panel Separator.

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

- UNI-T. (2017). *Catalog Uni-Trend*. Dongguang City: UNI-TREND TECHNOLOGY.
- YASKAWA. (2008). *YASKAWA Variador CA J1000*. YASKAWA.

APÉNDICE

Anexo 1

Propiedades mecánicas, térmicas y métricas del material.

La siguiente tabla muestra las propiedades técnicas del material Alucobond proporcionada por la casa Matriz 3A Composites USA INC.

PROPIEDADES TECNICAS

ESPESOR NOMINAL	3mm	4mm	6mm
Peso Nominal	0.92 lb/ft ²	1.12 lb/ft ²	1.49 lb/ft ²
Momento se inercia	.000108 in ⁴ /in	000212 in ⁴ /in	000525 in ⁴ /in
Módulo de sección.	00196 in ³ /in	.00275 in ³ /in	00432 in ³ /in
Rigidez.	1091 lb-in ² /in	2143 lb-in ² /in	5299 lb-in ² /in

Propiedades Técnicas. (3A Composites USA INC, 2015).

Prueba contra fuego: ASTM E108. Modificada.

La prueba ASTM-E108, describe las propiedades térmicas de compuestos tipo Sándwich como el Alucobond. En esta prueba una llama incide sobre la parte externa del material. En las pruebas para los materiales de 4 mm y 6 milímetros, se ha superado el objetivo básico de la prueba por 15 minutos; sin gasificación de los componentes poliméricos.

Resistencia térmica

En esta prueba se verifica que el Alucobond sea resistente a los cambios de temperatura ambiental de -48°C a 79.4°C.

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

RESISTENCIA DE LOS COMPONENTES ALUCOBOND

A continuación se nombran las normas establecidas por la casa matriz 3A COMPOSITITIES USA, las cuales garantizan y certifican a su material característico, clasificadas bajo la norma ASTM "American Society for Testing and Material". Dadas a conocer en la siguiente tabla:

PROPIEDADES DE INGENIERIA PARA MATERIAL ALUCOBOND PE

METODO DE PRUEBA ESTANDAR	DESCRIPCIÓN	CATEGORIA	3mm	4mm	6mm
ASTM D-635	Velocidad de combustión	Prueba contra fuego	-	Classified CC1	-
ASTM D-1929	Temperatura de auto-ignición.	Prueba contra fuego	-	716°F	-
ASTM D-1929	Temperatura "rápida" de Ignición.	Prueba contra fuego	-	716°F	-
ASTM E-84	Características de combustión superficial (propagación de la llama)	Prueba contra fuego	0	5	5

PROPIEDADES PARA MATERIAL ALUCOBOND PE Fabricación. (3A Composites USA INC, 2015).

PROPIEDADES DE INGENIERIA PARA MATERIAL ALUCOBOND PE

METODO DE PRUEBA ESTANDAR	DESCRIPCIÓN	CATEGORIA	3mm	4mm	6mm
ASTM E-84	Características de combustión superficial (Desarrollo de humo)	Prueba contra fuego	0	0	5
ASTM E-162	Superficie de inflamabilidad usado la fuente de energía radiante	Prueba contra fuego	0	0	0
ASTM D-297	Resistencia a la tracción	Propiedades mecánicas	1972 Psi	1625 Psi	1448 Psi
ASTM D-790	Capacidad de fuerza	Propiedades mecánicas	18,350 Psi	14,510 psi	10,490 Psi
ASTM D-790	Módulo de flexión	Propiedades mecánicas	1695 ksi	1660 ksi	1525 ksi

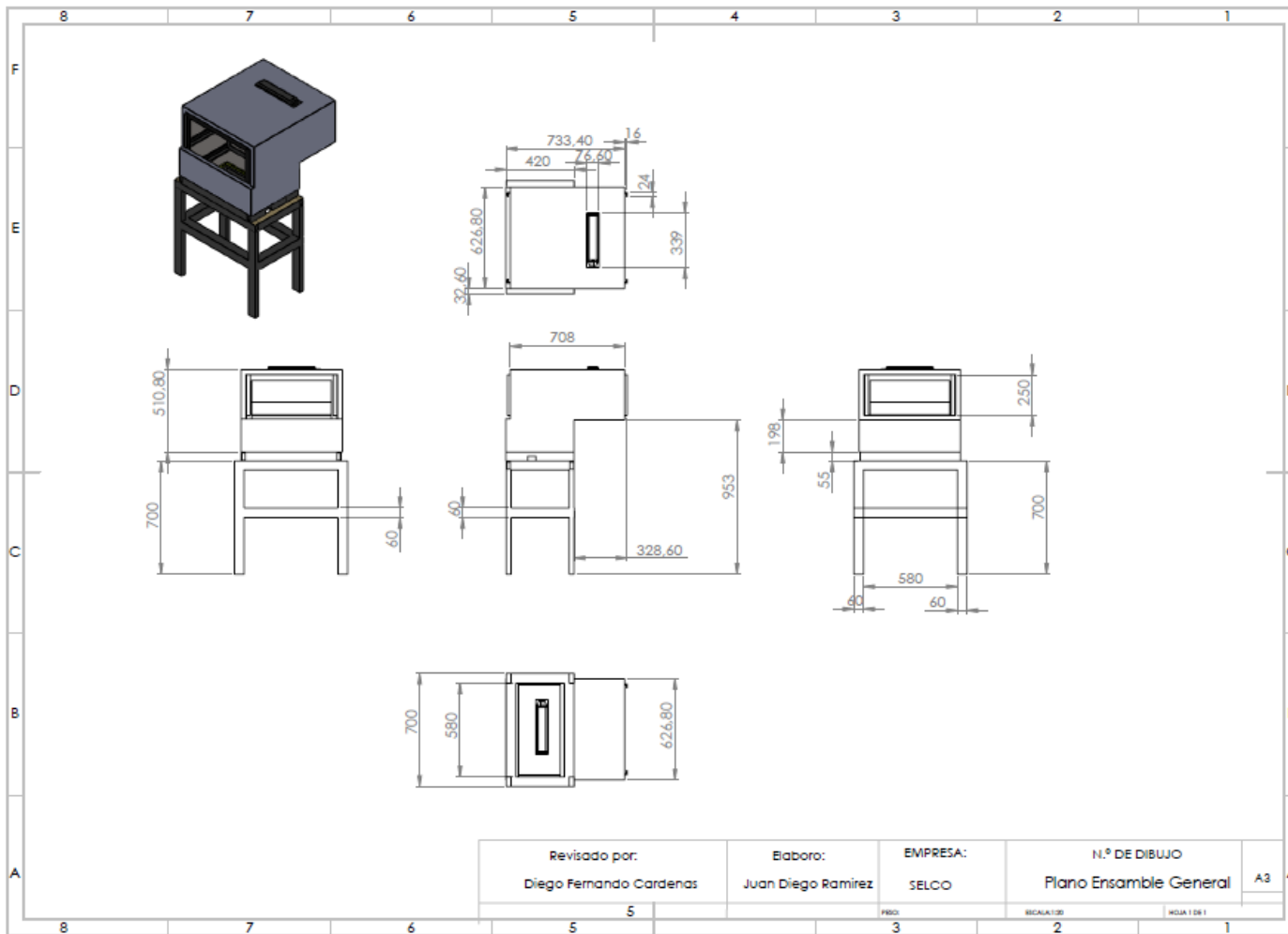
	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

ASTM D-638	Módulo de elasticidad	Propiedades mecánicas	1.98 Psi x 10 ⁶	1.38 Psi x 10 ⁶	0.87 Psi x 10 ⁶
ASTM D-638	Módulo de elongación	Propiedades mecánicas	5.6%	8.8%	10.9%
ASTM D-638	Resistencia a la tracción ultima	Propiedades mecánicas	7820 Psi	6400 Psi	4590 Psi
ASTM D-638	Resistencia a la tracción admisible	Propiedades mecánicas	7820 Psi	5300 Psi	4590 Psi
ASTM C-177	Conductividad térmica	Propiedades Térmicas	2.86 Btu-in/hr ft ² °F	3.21 Btu-in/hr ft ² °F	2.46 Btu-in/hr ft ² °F
ASTM C-177	Resistencia térmica	Propiedades térmicas	0.0412 hr ft ² °F/Btu	0.0489 hr ft ² °F/Btu	0.096 hr ft ² °F/Btu
ASTM C-177	Conductancia térmica	Propiedades térmicas	24.3 Btu/hr ft ² °F	20.5 Btu/hr ft ² °F	10.5 Btu/hr ft ² °F
ASTM D-648	Temperatura de deflexión - Perpendicular	Propiedades térmicas	-	327°F	-
ASTM D-648	Temperatura de deflexión	Propiedades Térmicas	>380°F	380°F	>450°F
ASTM C-273	Prueba de corte en Axial	Propiedades obligatorias de integridad	990 Psi	920 Psi	890 Psi

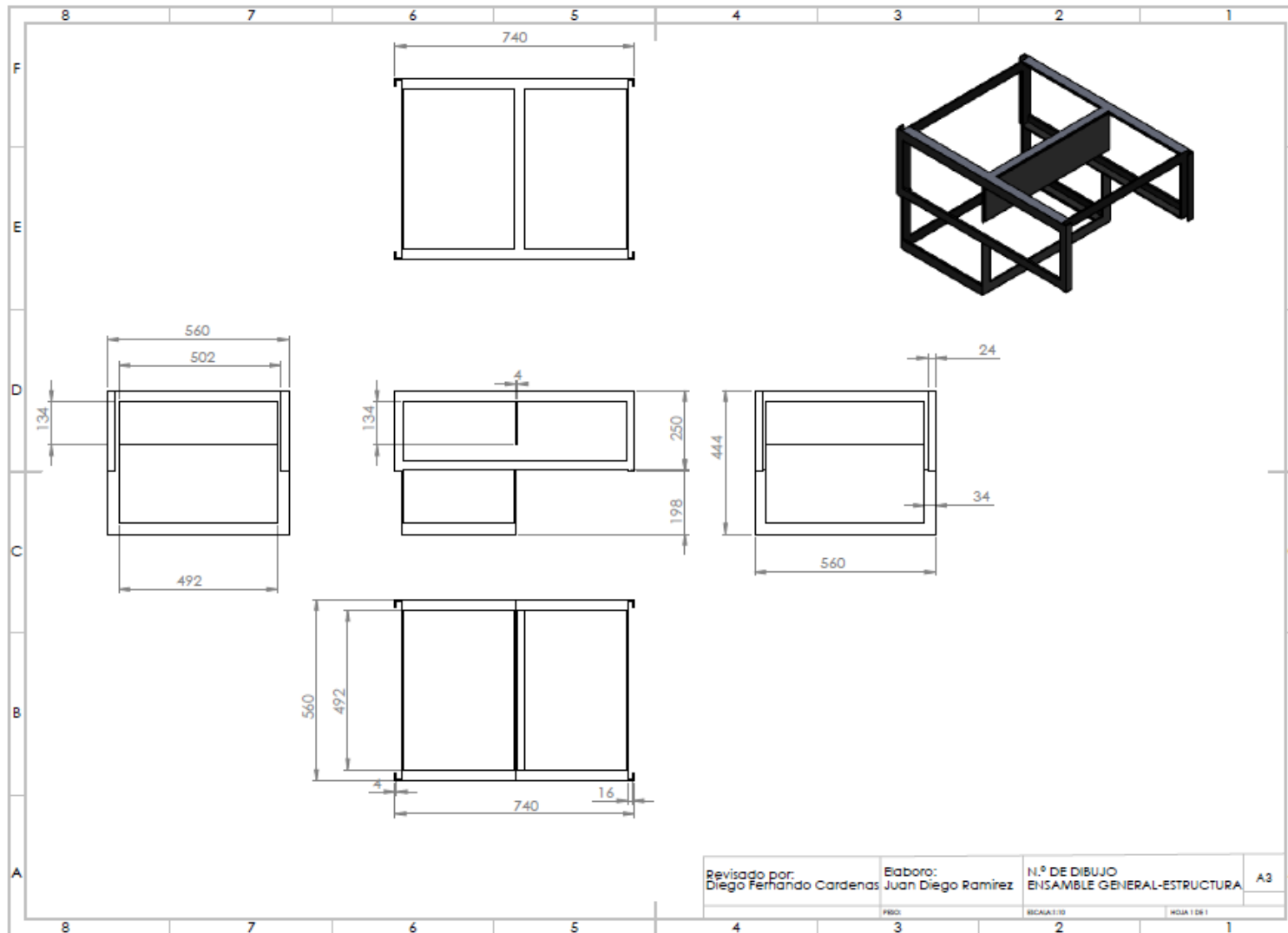
PROPIEDADES PARA MATERIAL ALUCOBOND PE Fabricación (3A Composites USA INC, 2015).

Anexo 2.

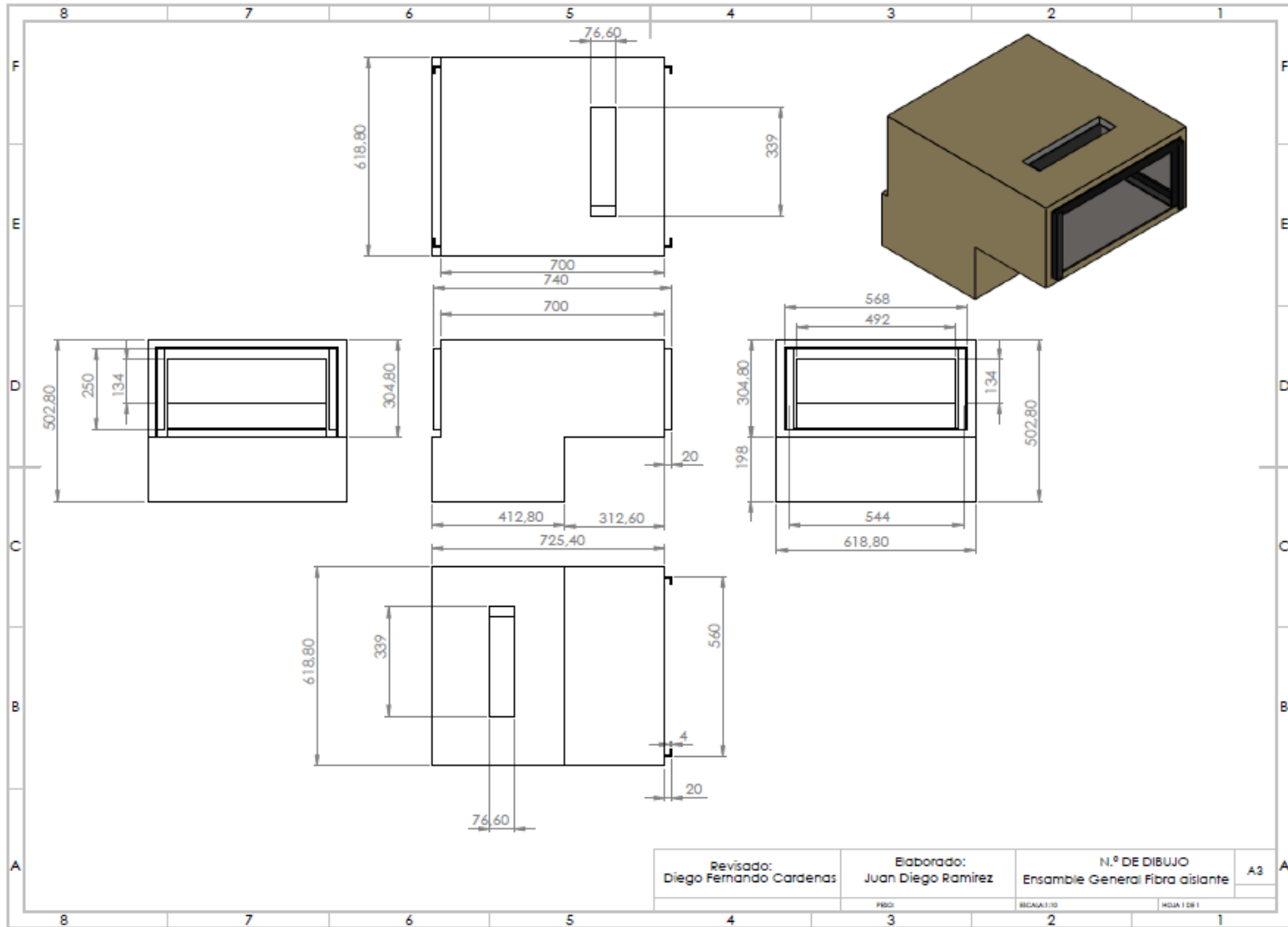
Plano ensamble general.



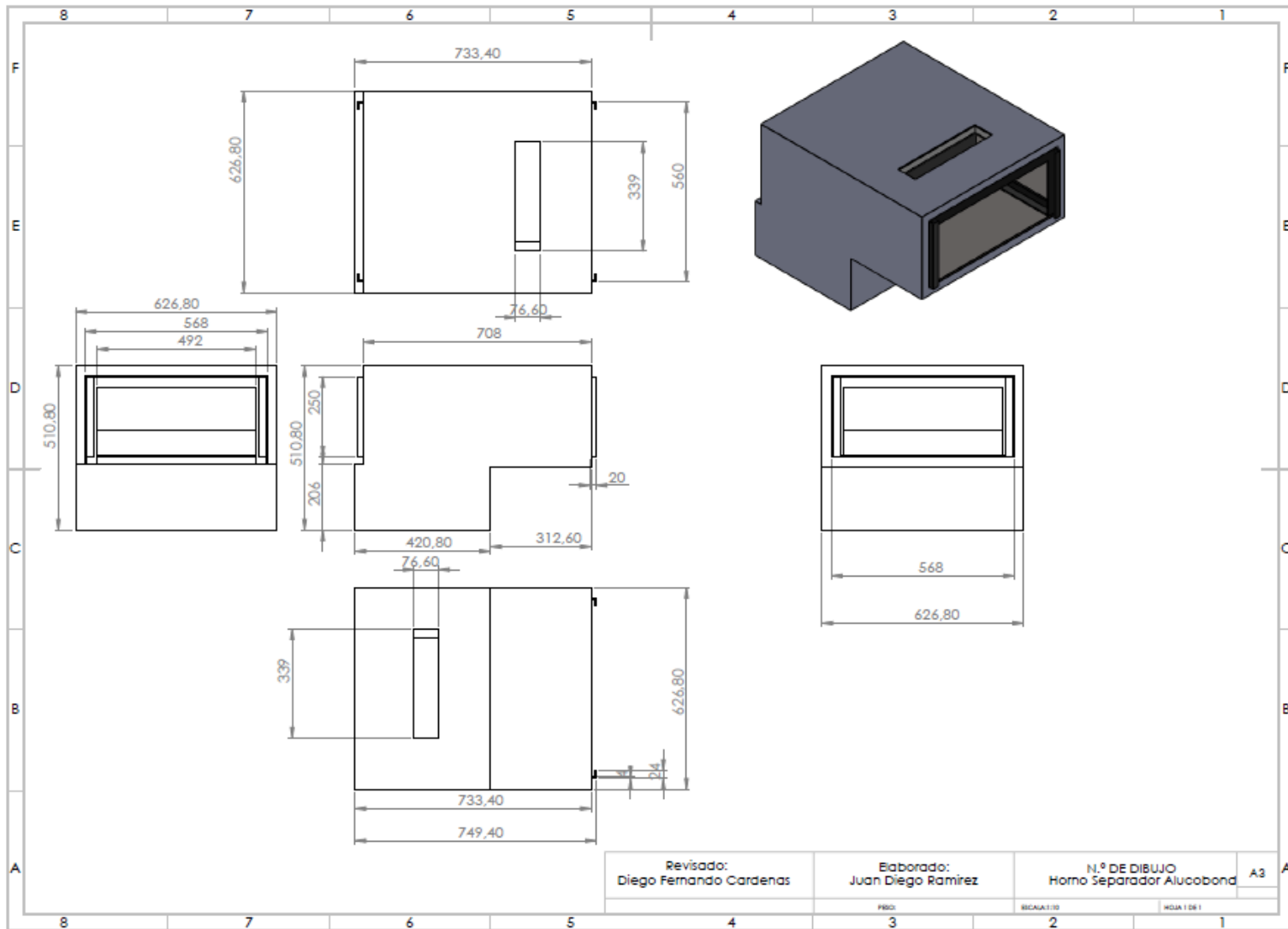
Plano ensamble general estructura.



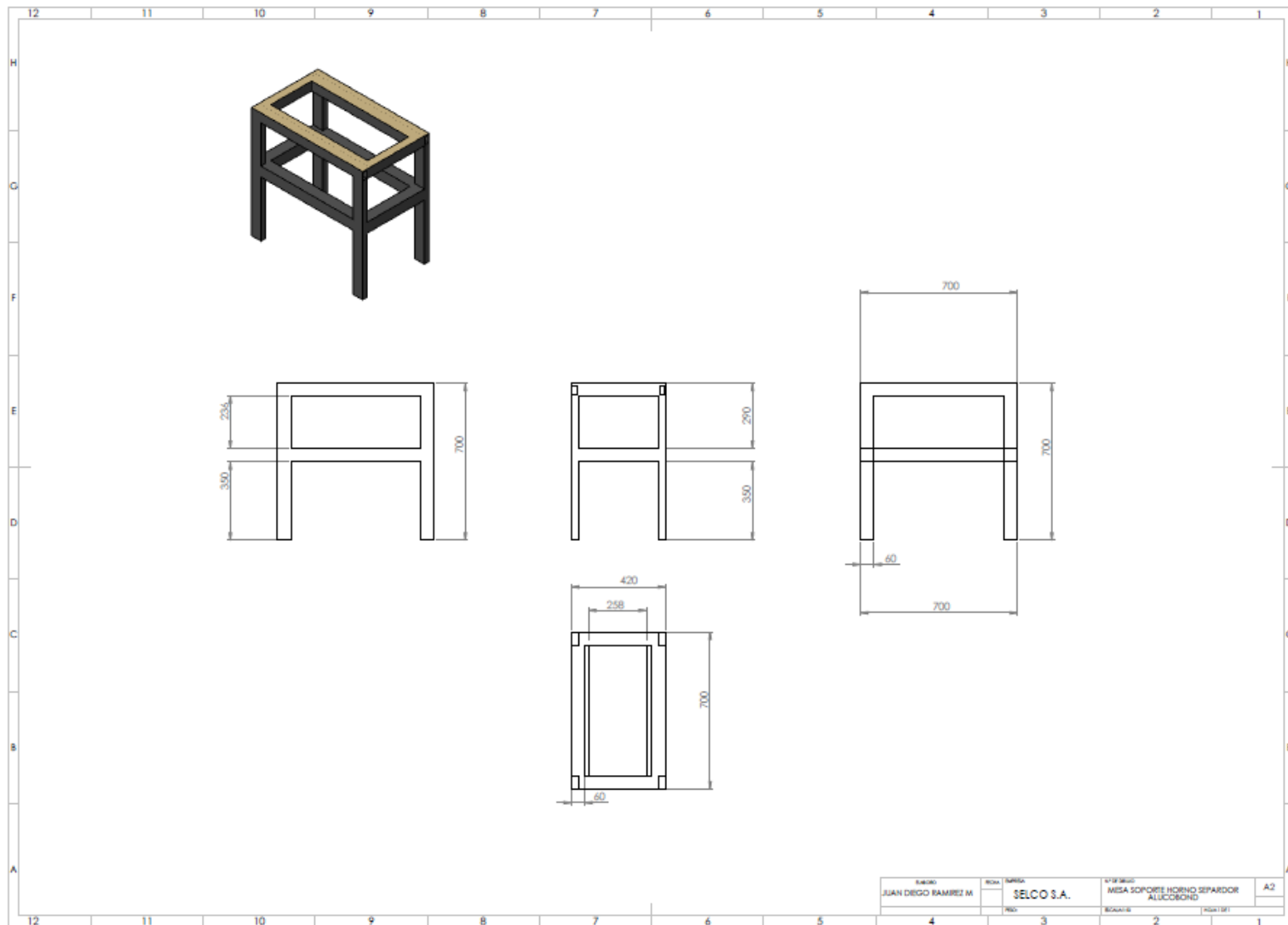
Plano general fibra aislante.



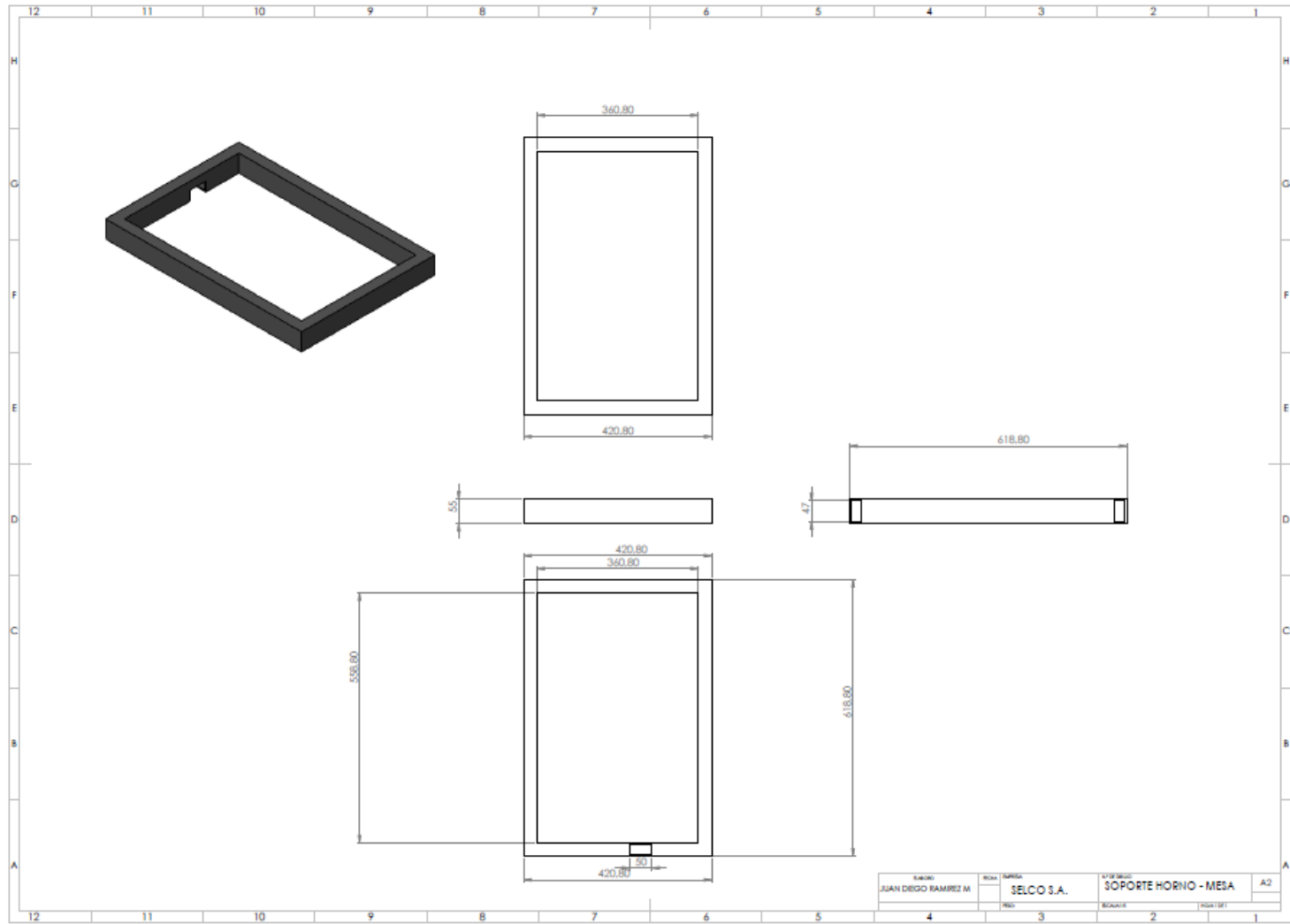
Plano horno separador Alucobond.



Plano mesa soporte horno separador Alucobond.



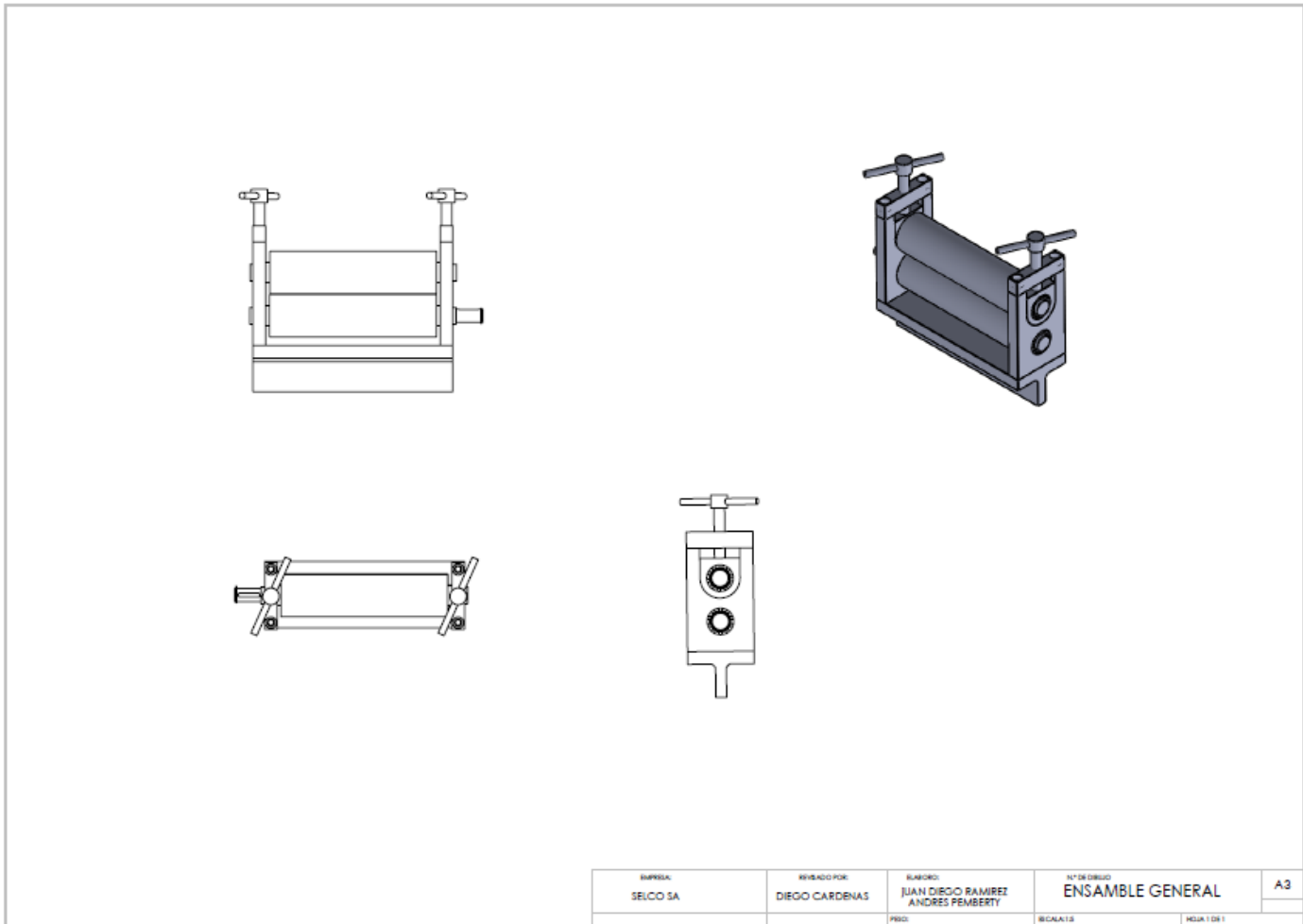
Plano soporte mesa- horno.



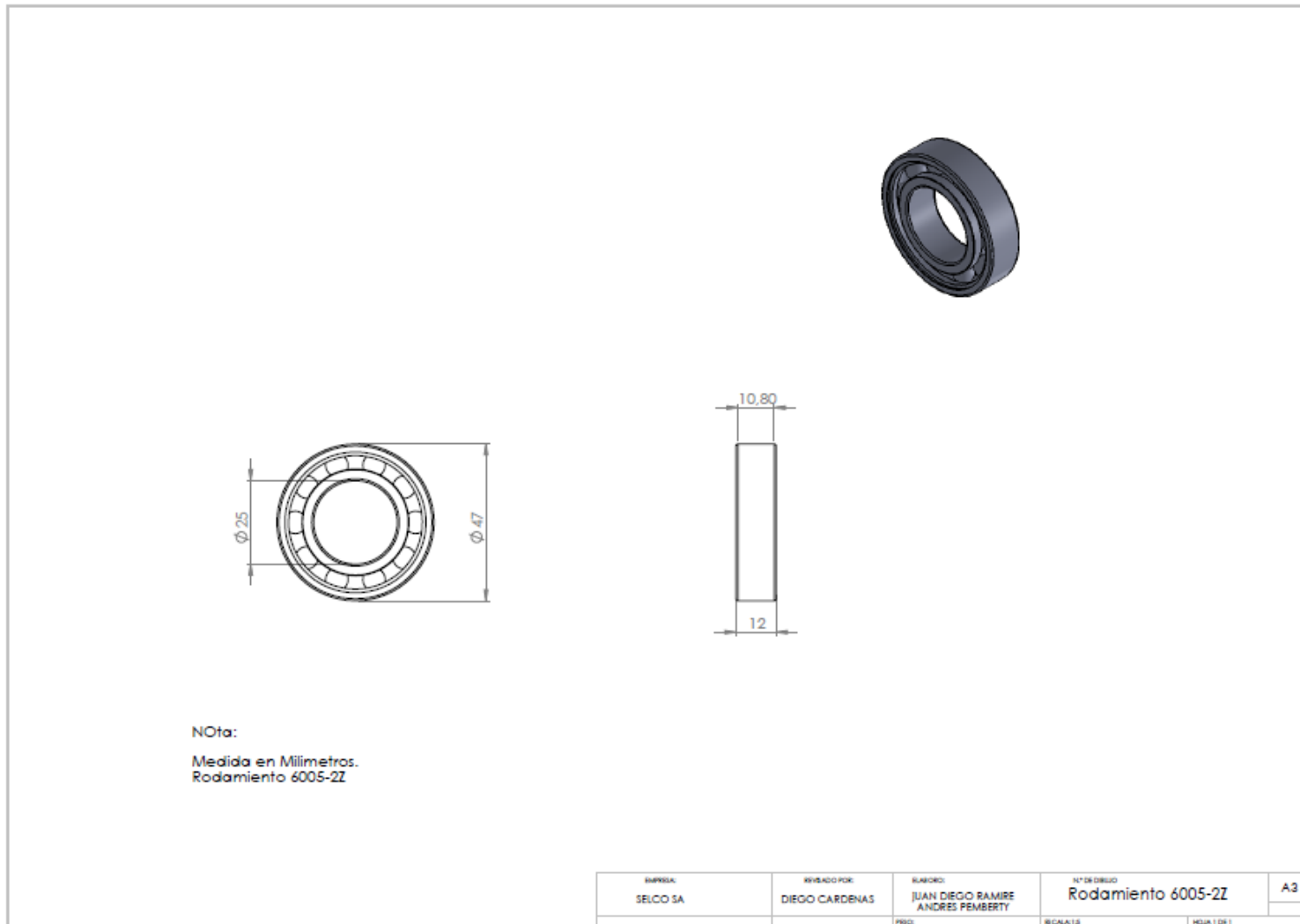
 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Anexo 3.

Plano ensamble general.

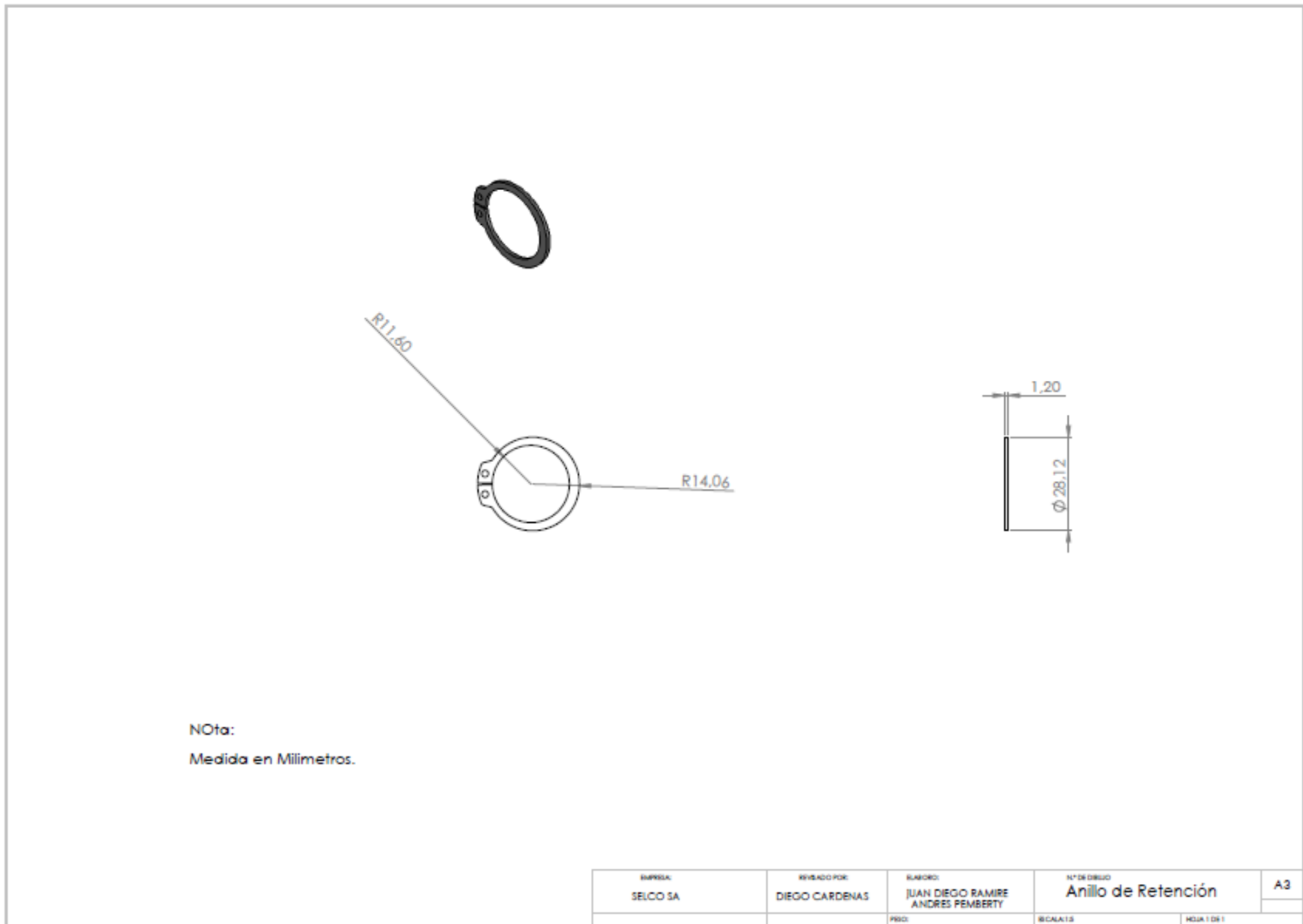


Plano rodamiento 6005-2Z.

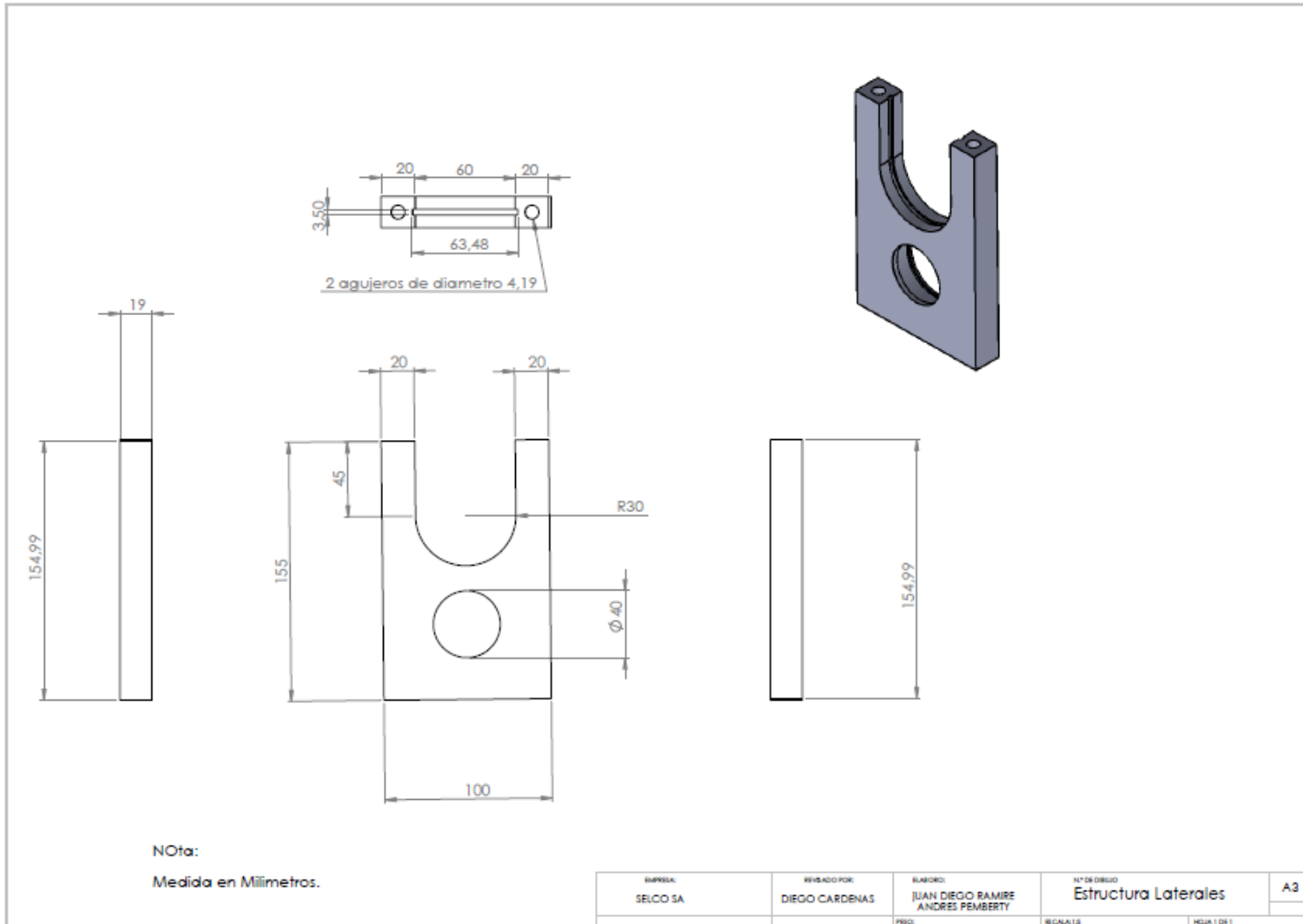


 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

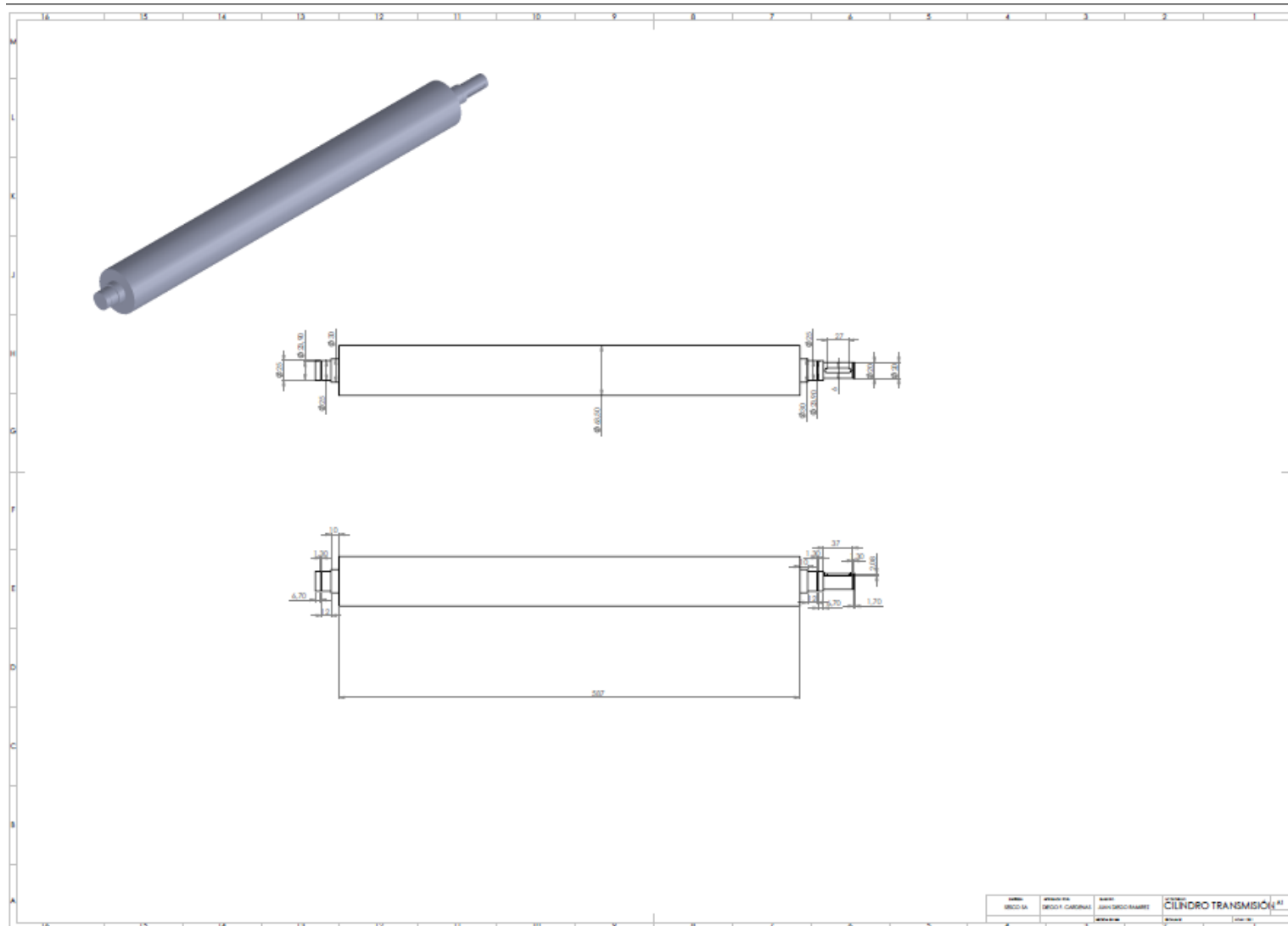
Plano anillo de retención.



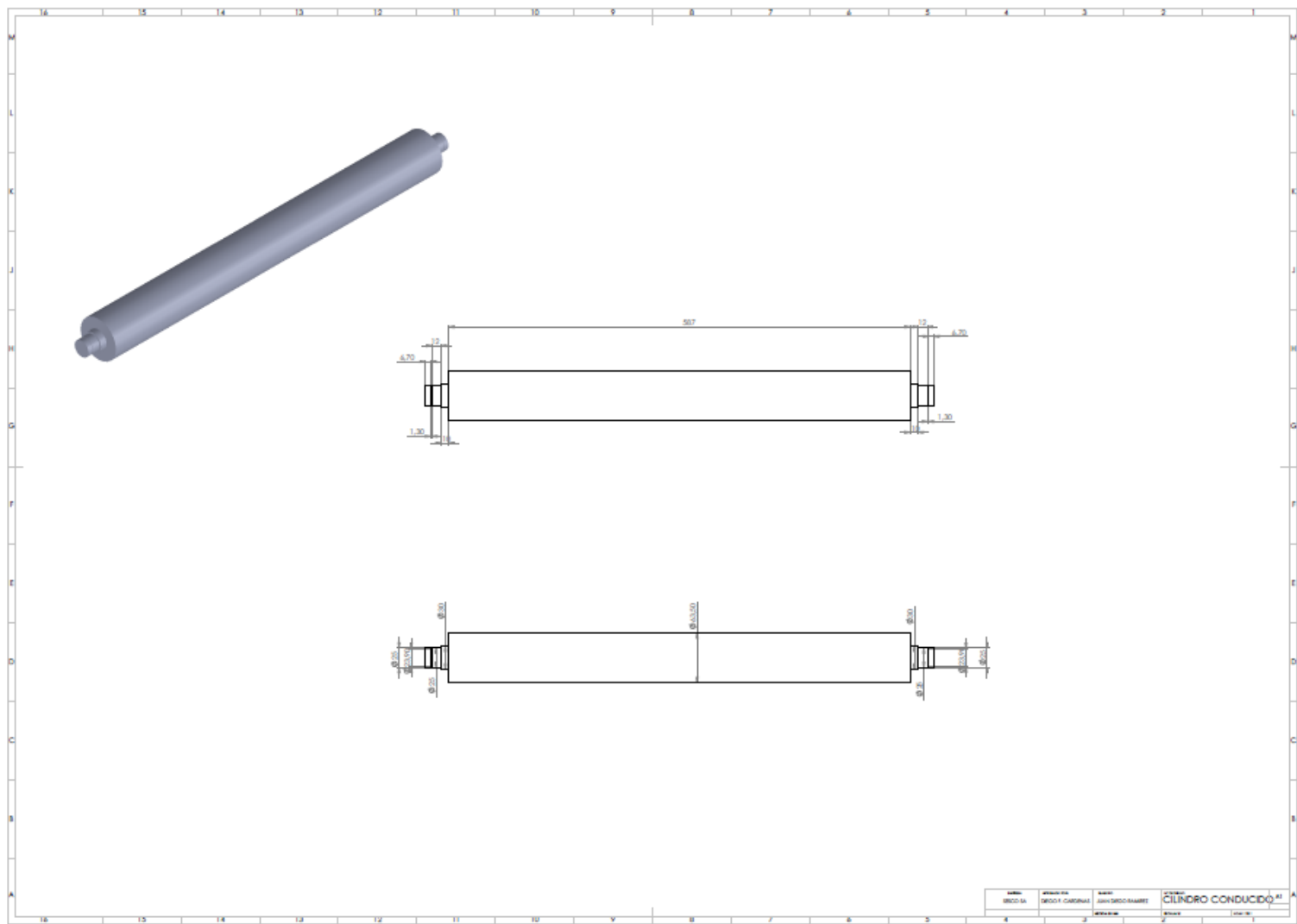
Plano estructura laterales.



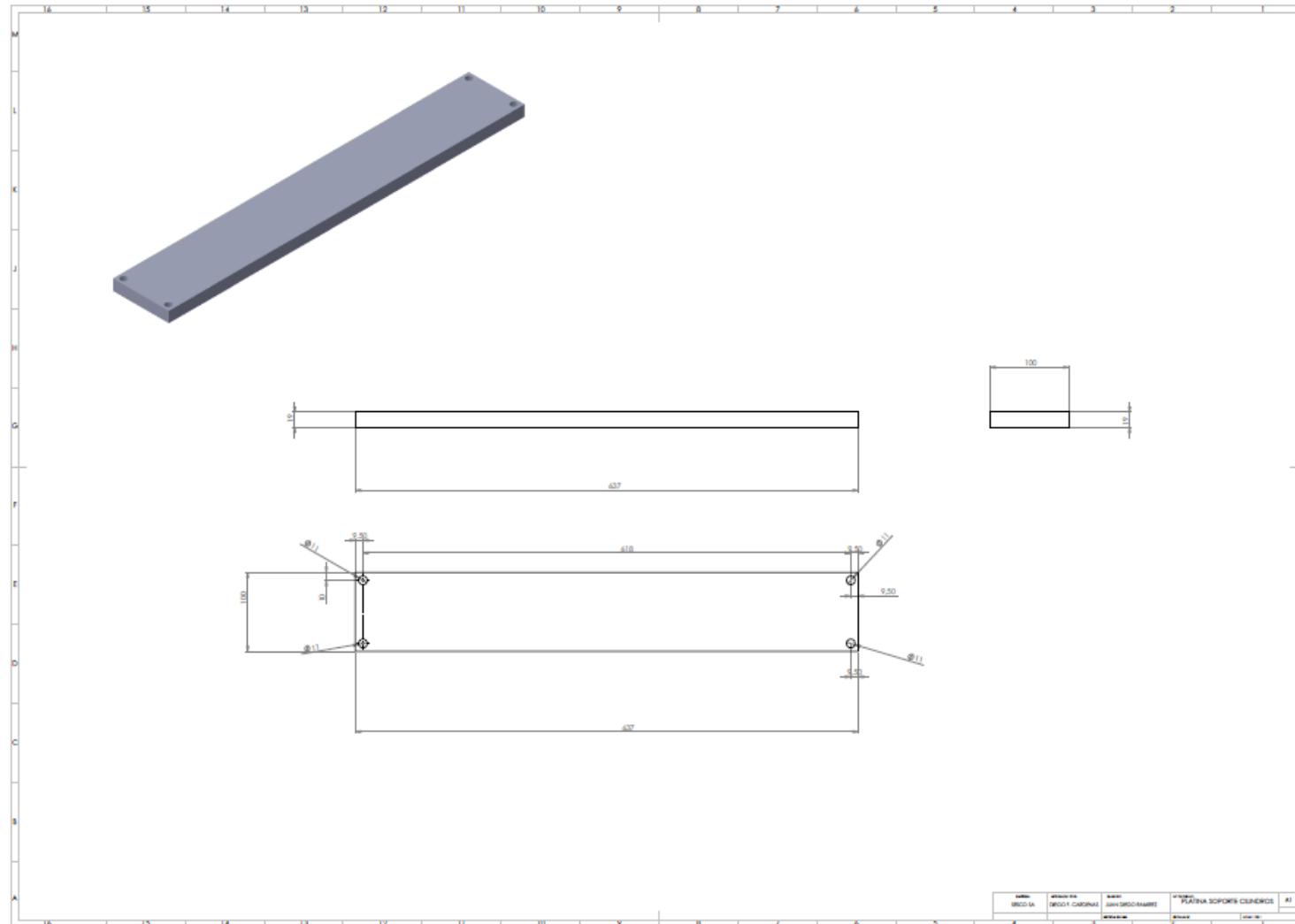
Plano cilindro transmisión.



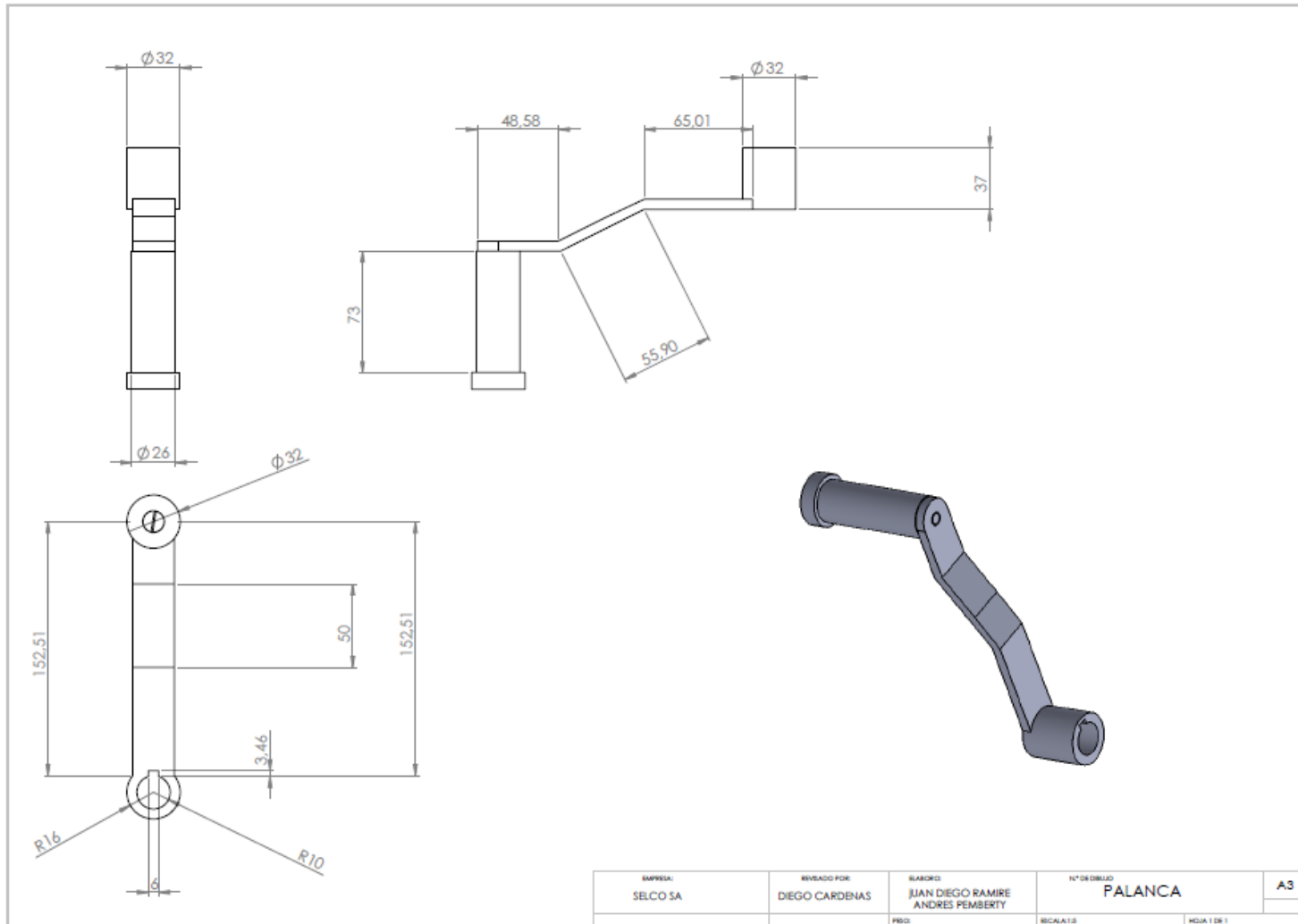
Plano cilindro conducido.



Plano platina cilindros.

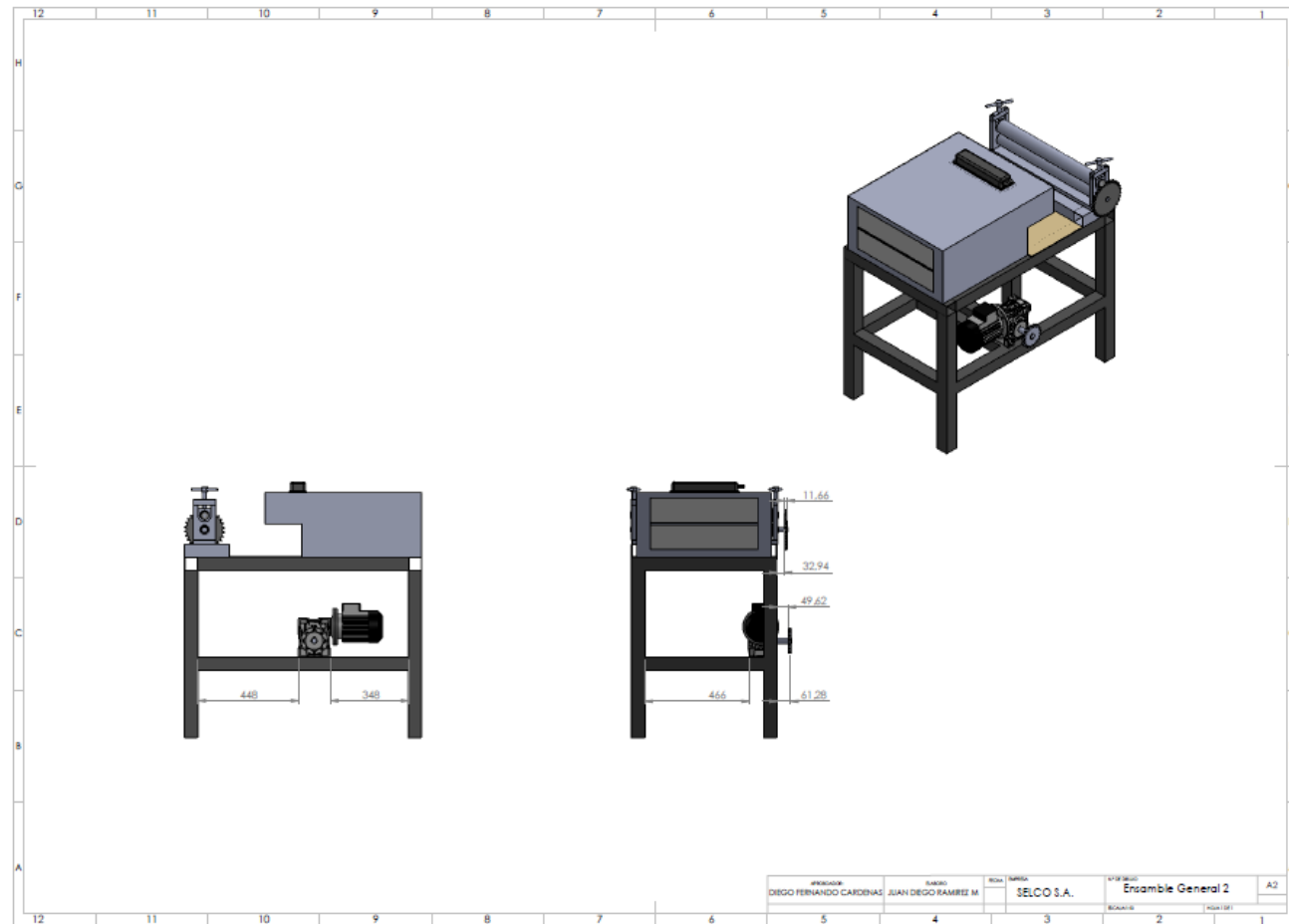


Plano Palanca.

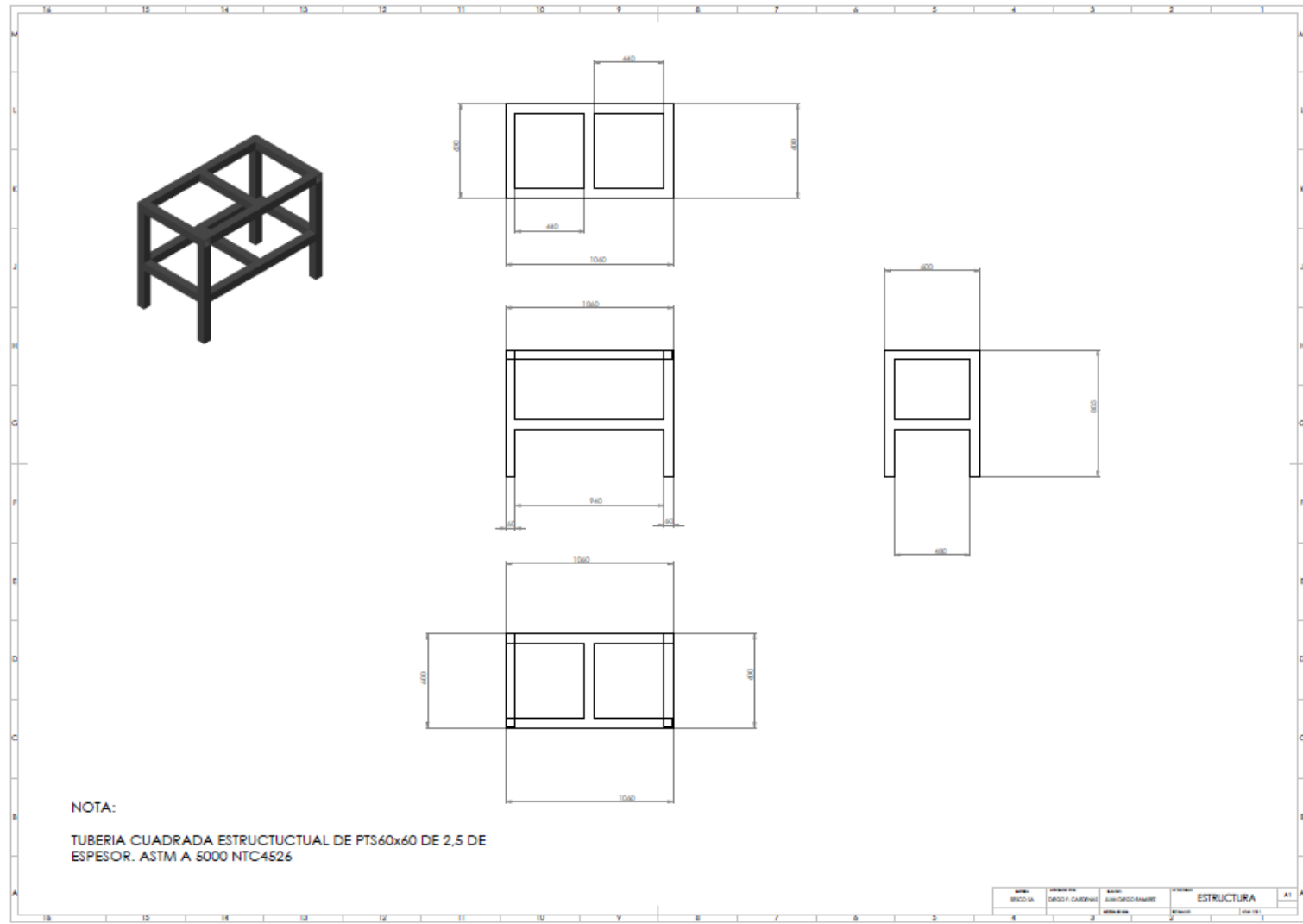


Anexo 4

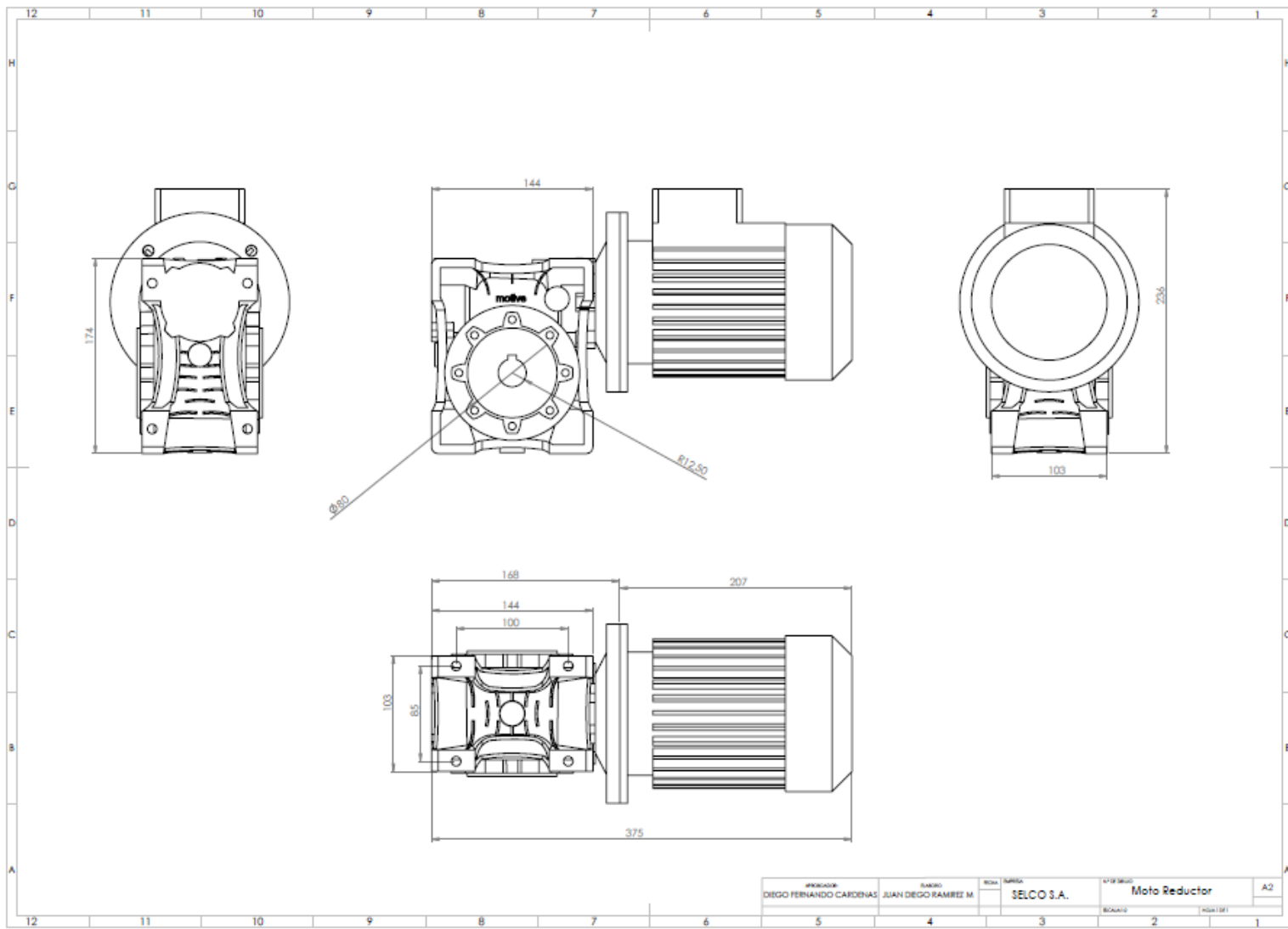
Plano ensamble general 2



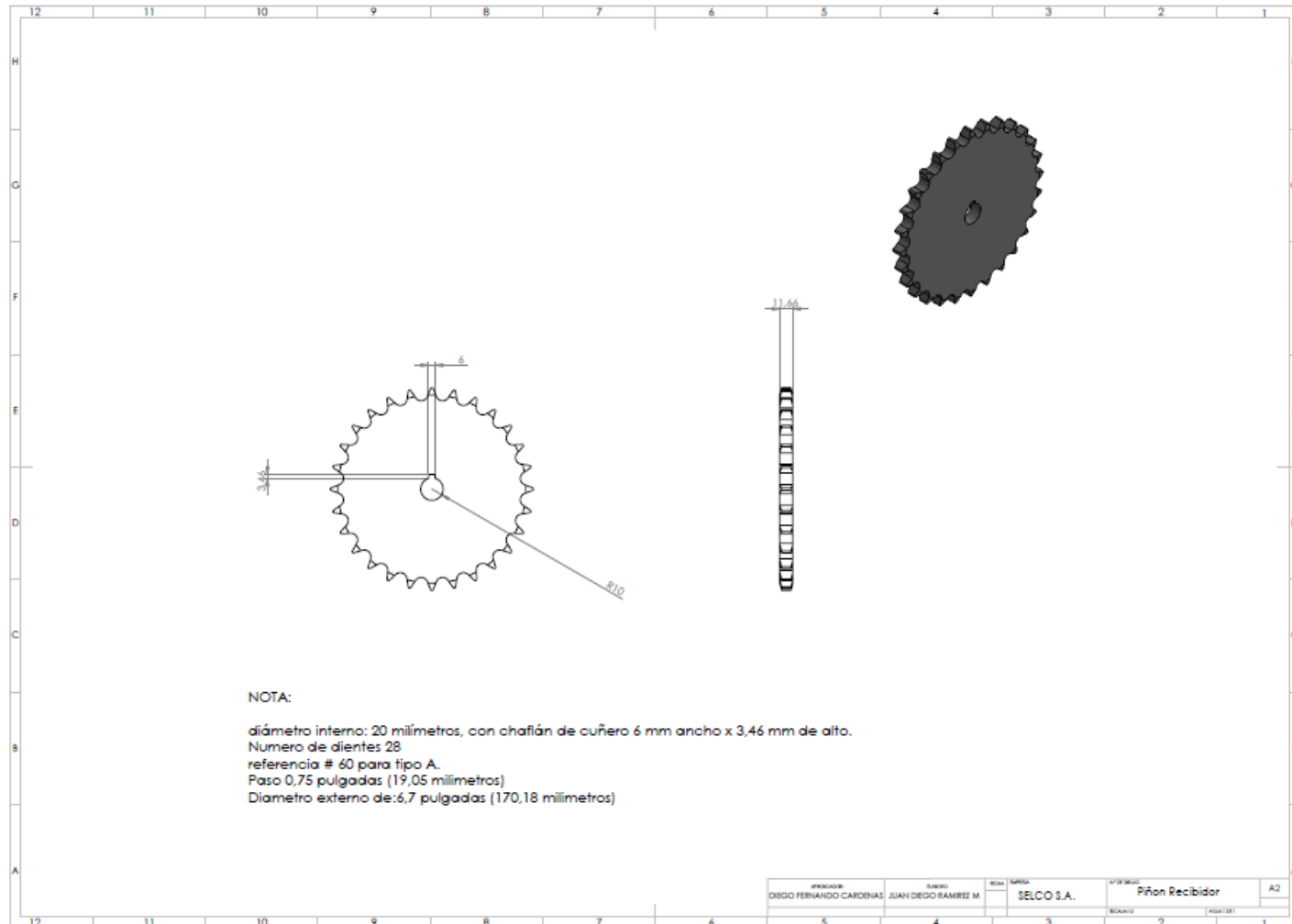
Plano Estructura.



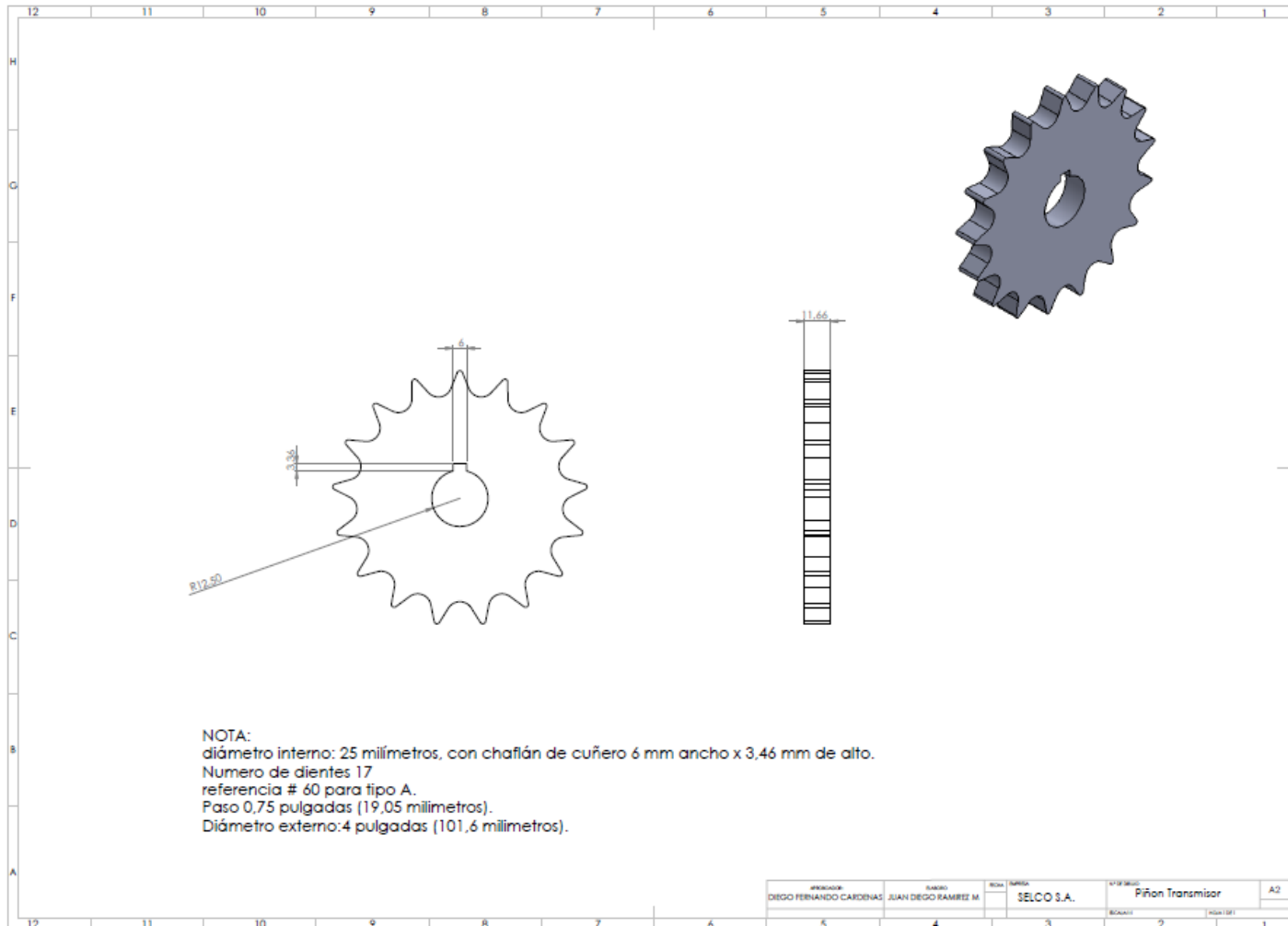
Plano motorreductor.



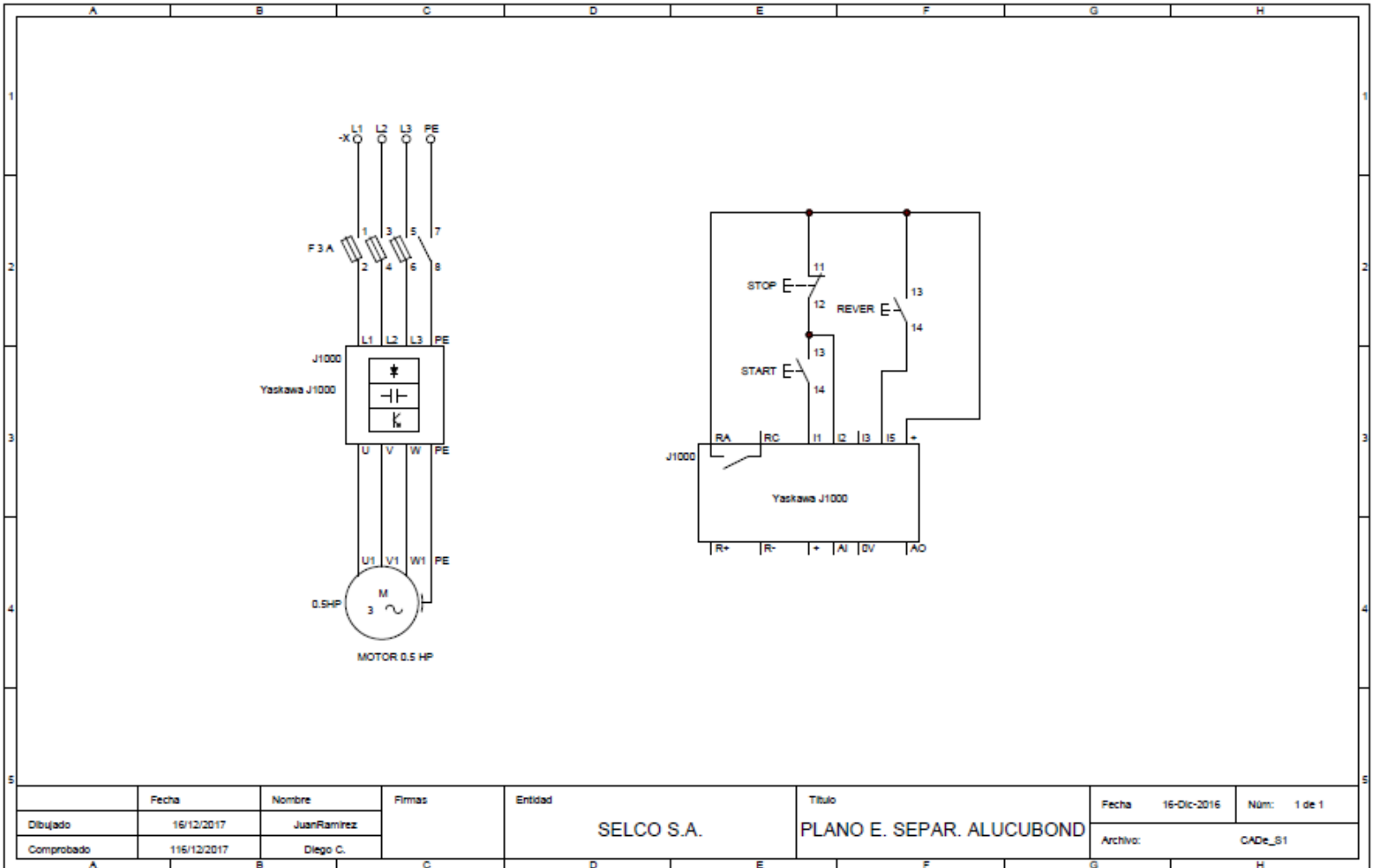
Plano Piñón recibidor.




Plano piñón transmisor.



Plano eléctrico de control y potencia del sistema separador Alucobond.



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Anexo 5

Cotizaciones Quemadores.

Cotización Tecnigas SAS.



Medellín, 16 de Diciembre del 2015

Señor
JUAN DIEGO RAMIREZ
Teléfono: 448 47 35 – 312 473 79 59
ramirezmunera@yahoo.com
Ciudad

Reciba usted un cordial saludo:

TECNI-GAS SAS es una empresa especializada en el diseño, fabricación, mantenimiento y montaje de redes y equipos para gas natural y propano a nivel domiciliario e Industrial, con una experiencia de 34 años y gran reconocimiento en el medio, pretendiendo brindar un mejor servicio y mayor seguridad a todos nuestros clientes.

De acuerdo a su solicitud nos permitimos cotizarle el suministro de los siguientes accesorios para gas, según su visita realizada a nuestra empresa:

1. Suministro de 2 lampara infrarrojas de 2250 k/cal para GLP	\$200.000
2. Suministro de 2 valvula aguja de 1/4"	\$25.000
3. Suministro de 2 inyectores para lampara infrarroja	\$10.000
4. Suministro de 1 tee anillo de 1/4" en bronce	\$10.000
5. Suministro de 10 racores de 1/4" en bronce	\$50.000
6. Suministro de tubería flexible de 3/16" cobre	\$15.000
7. Kit de tuerca manual y bastago	\$20.000
8. Suministro de 3 metros de manguera antillama	\$20.000
9. Suministro de regulador de unica etapa R-30	\$80.000

Valor Total **\$430.000 IVA INCLUIDO**

NOTA: No Incluye mano de obra

Cualquier inquietud con gusto la aclararemos. En espera de poder servirles,

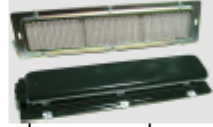
CLAUDIA JANETH RAMIREZ SUAREZ
Asesora Comercial

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Cotización Gas & Gas equipos especiales a gas.

 Equipos especiales a gas	FORMATO DE COTIZACIONES GENERALES	CODIGO: GC-FR -14
		VERSIÓN: 01
		FECHA : MAYO 07 DE 2010

SEÑOR: JUAN DIEGO RAMIREZ	FECHA: DICIEMBRE 29 DE 2015
EMPRESA: N/A	CIUDAD: MEDELLIN
TELÉFONO: 312 473 7959	FAX: N/A
VALIDEZ DE LA OFERTA: 10 DIAS	E-MAIL: ramirezmunera@yahoo.es
FORMA DE PAGO: CONTADO PARA EL DESPACHO.	
TIEMPO DE ENTREGA: EN 2 DIAS.	HOJA 1 DE 1
ASUNTO: PRESUPUESTO REPUESTOS.	COTIZACIÓN N°2912012015

REFERENCIA	DESCRIPCIÓN	CANT.	V. UNIT	V. TOTAL
LAMPARAS	LAMPARAS INFRAROJAS DE 2250 Kc PARA GLP.	2	\$95.000	\$190.000
				
VALVULAS	VALVULAS DE AGUJA DE 1/4".	2	\$17.500	\$35.000
INYECTORES	INYECTORES PARA LAMPARAS INFRAROJAS.	2	\$4.000	\$8.000
TEE	TEE ANILLO DE 1/4" BRONCE.	1	\$5.300	\$5.300
RACORES	RACORES DE 1/4" EN BRONCE.	10	\$5.000	\$50.000
TUBERIA	TUBERIA FLEXIBLE DE 3/16 COBRE.	1 M.L	\$2.800	\$2.800
KIT	KIT TUERCA MANUAL Y BASTAGO. ???????	1		\$0
MANGUERA	MANGUERA ANTILLAMA TIPO ANACONDA DE 3 METROS X 1/2".	1	\$250.000	\$250.000
REGULADOR	REGULADOR PARA GLP UNICA ETAPA MONDIAL DE 4 KG.	1	\$70.100	\$70.100
SUBTOTAL				\$611.200
IVA DEL 16%				\$97.792
TOTAL COSTO				\$708.992

Cordialmente,

NELSON AREIZA RAMIREZ
 Director Comercial

Carrera 50A N° 77B - 69
 Teléfono: P. B. X (94) 3739888 - 300 652 6125
 E-mail: gasygas@une.net.co * www.gasygasmed.com
 ITAGUI - COLOMBIA

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Anexo 6. COTIZACIONES MOTOR REDUCTOR- VARIADOR DE VELOCIDAD.

Cotización Diversidad Electrónica.



MEDELLIN, 04 de Mayo de 2016

CTZ181-2016

SEÑOR
JUAN DIEGO RAMIREZ
BOART LONGYEAR

Asunto: Cotización



Cordial saludo.

Estamos enviando cotización requerida:

OBJETO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
VARIADOR MARCA KINDA 1HP	1	\$390.000 + IVA	\$390.000 +IVA
MOTORREDUCTOR 1/2HP 1800RPM TRIFASICO, RELACION 10:1 MARCA SITTI	1	\$641.034+IVA	\$641.034+IVA
EJE DE SALIDA MASIZO	1	\$34.722	\$34.722

SAÚL ALEXANDER ECHEVERRY OLARTE
 Ingeniería y Soporte - NIT 71.224.738-7
 Tel. 211 37 07 - Cel. 304 547 36 92 - Correo: alex936@msn.com
 Mall Comercial Fontana Plus, Local 204. Carrera 55 # 64-73

Cotización motorreductores y Equipos.

Viernes, 4 de Marzo de 2016 **N° cotización: MA - 0058**

EMPRESA: JUAN DIEGO RAMIREZ **Motorreductores y Equipos S.A.S**
ZONA: ANTIOQUIA Medellin, Colombia
A/A: JUAN DIEGO RAMIREZ Tel: (4) 322 2601
Cel. 3124505160
E-Mail: mmartin@motorreductores.com.co
Nombre: Ing. Manuela Ma Marin Y

Les agradecemos su Interés presentándoles nuestra mejor oferta según las condiciones generales de nuestra empresa, brindándoles la mejor calidad y servicio.

OFERTA # 1 – Motorreductor a 90° sinfín corona Con H10


- Item 1. Motorreductor Nord.

ITEM	EQUIPO	PRECIO POR UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO
1	MOTORREDUCTOR SINFIN CORONA REFERENCIA: 3K 13140/H1EC B14(C90) 63814 OPCIONES: POTENCIA (HP): 0,2 VELOCIDAD ENTRADA (RPM): 1700 RELACION: 150,00 VELOCIDAD SALIDA (RPM): 10,6 TORQUE NOMINAL (NM): 68,3 FACTOR DE SERVICIO: 1,2	\$ 1.679.000	1	\$ 1.679.000
SUBTOTAL				\$ 1.679.000
IVA				15%
TOTAL				\$ 1.947.640

Entrega: 2 a 3 días hábiles salvo venta

FOTOS EQUIPOS

- Sin Fin Corona Con H10



 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22





TecnoTransmisiones Medellín S.A.S

Soluciones para la Industria

Medellín, 3 de mayo de 2016.

SEÑORES
 SELCO S.A
 ATN. ING. JUAN DIEGO RAMIREZ
 DIEGO CARDENAS
 COTIZACION 0543

ITEM	CANT	DESCRIPCION	VALOR UNITARIO	VALOR TOTAL
1	1	MOTORREDUCTOR SITI SINFIN CORONA 90° TRIFASICO POTENCIA: 0.5HP VEL DE ENTRADA: 1150RPM RELACION:100/1 VEL FINAL: 11.5RPM CORRIENTE NOMINAL: 220/440V TORQUE NOMINAL: 185.9NM FACTOR DE SERVICIO: 1.07 REF: MU63-713-6 GARANTIA: 1 AÑO  	1.064.500	1.064.500
2	1	EJE DE SALIDA MU83 Ø25MM	62.500	62.500
3	1	MOTORREDUCTOR SITI HELICOIDAL 180° TRIFASICO POTENCIA: 0.5HP VEL DE ENTRADA: 1150RPM RELACION:70/1 VEL FINAL: 16.52RPM CORRIENTE NOMINAL: 220/440V	1.612.500	1.612.500

Calle 39 No 48-30, Telefax: 232 11 46, PBX: 232 34 34 444 35 34

Medellín-Colombia

E-mail: tecnoMedellin@UNE.net.co

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Cotización TecnoTransmisiones Medellín S.A.S.



TecnoTransmisiones Medellín S.A.S

Soluciones para la Industria

		TORQUE NOMINAL: 198.4NM FACTOR DE SERVICIO: 1.01 REF: MNHL25/3-713-6 GARANTIA: 1 AÑO 		
4	1	VARIADOR DE VELOCIDAD 1HP 220V MARCA HOLIP 	560.000	560.000

Validez oferta: 30 días.
 Impuestos: 18% IVA no incluido.
 Forma de pago: CONTADO
 Tiempo de entrega: INMEDIATA

Cordialmente,



JEINNSON ALVAREZ
Asesor Industrial

Calle 39 No 48-30, Telefax: 232 11 46, PBX: 232 34 34 444 35 34
 Medellín-Colombia
 E-mail: tecnomedellin@tme.net.co

 Institución Universitaria	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Anexo 7. Tablas.

Tabla conductividades térmicas extraído de Tabla 1.1 (Çengel, 2007).

Conductividades térmicas.	
Material	k [W/m · °C]
Diamante	2300
Plata	429
Cobre	401
Oro	317
Aluminio	237
Hierro	80.2
Mercurio (l)	8.54
Vidrio	0.78
Ladrillo	0.72
Agua (l)	0.607
Piel humana	0.37
Madera (roble)	0.17
Helio (g)	0.152
Caucho suave	0.13
Fibra de vidrio	0.043
Aire (g)	0.026
Uretano, espuma rígida	0.026

Tabla coeficiente de transferencia de calor por convección extraído de Tabla 1.5 (Çengel, 2007).

Coeficiente de transferencia de calor por convección.	
Tipo de convección	h [W/m ² · °C*]
Convección libre de gases	2-25
Convección libre de líquidos	10-1000
Convección forzada de gases	25-250

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Convección forzada de líquidos	50–20000
Ebullición y condensación	2500–100000

Tabla emisividad de algunos materiales extraído de Tabla 1.6 (Çengel, 2007).

Emisividad de algunos materiales a 300 K	
Material	Emisividad
Hoja de aluminio	0.07
Aluminio anodizado	0.82
Cobre pulido	0.03
Oro pulido	0.03
Plata pulida	0.02
Acero inoxidable pulido	0.17
Pintura negra	0.98
Pintura blanca	0.9
Papel blanco	0.92–0.97
Pavimento de asfalto	0.85–0.93
Ladrillo rojo	0.93–0.96
Piel humana	0.95
Madera	0.82–0.92
Suelo	0.93–0.96
Agua	0.96
Vegetación	0.92–0.96

Gráfico Tabla 7-4 tamaños de cadena de Rodillo (Mott, 2006)

TAMAÑO DE CADENAS DE RODILLOS					
NUMERO DE CADENA	PASO (Pulg)	Diámetro DEL RODILLO	ANCHO DEL RODILLO	ESPESOR DE PLACA LATERAL	RESISTENCIA PROMEDIO A LA TENSIÓN (lb)
25	1/4.	Ninguno	-----	0.030	925.0
35	3/8.	Ninguno	-----	0.050	2100.0
41	1/2.	0.306	0.250	0.050	2000.0
40	1/2.	0.312	0.312	0.060	3700.0
50	5/8.	0.400	0.375	0.080	6100.0
60	3/4.	0.469	0.500	0.094	8500.0
80	1	0.626	0.625	0.125	14500.0
100	1 1/4.	0.750	0.750	0.156	24000.0
120	1 1/2.	0.875	1.000	0.187	34000.0
140	1 3/4.	1.000	1.000	0.219	46000.0
160	2	1.125	1.250	0.250	58000.0
180	2 1/4.	1.406	1.406	0.281	80000.0
200	2 1/2.	1.562	1.500	0.312	95000.0
240	3	1.875	1.875	0.375	130000.0

Gráfico de tabla 7-5 Capacidades en caballos de fuerza para cadena simples de rodillos número 60. (Mott, 2006).

TABLA 7-6 Capacidades en caballos de fuerza - Cadena simple de rodillos número 60

Núm. de dientes	0.750 pulgadas de paso										Velocidad mínima de giro de la catarina, rev/min																																		
	10	25	50	100	120	200	300	400	500	600	800	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500	6000																				
11	0.19	0.46	0.89	1.72	2.05	3.35	4.95	6.52	8.08	9.63	12.69	15.58	11.85	9.41	7.70	6.45	5.51	3.94	3.00	2.38	1.95	1.63	1.39	1.21	0.00																				
12	0.21	0.50	0.97	1.88	2.24	3.66	5.40	7.12	8.82	10.51	13.85	17.15	13.51	10.72	8.77	7.35	6.28	4.49	3.42	2.71	2.22	1.86	1.59	1.38	0.00																				
13	0.22	0.54	1.05	2.04	2.43	3.96	5.85	7.71	9.55	11.38	15.00	18.58	15.23	12.08	9.89	8.29	7.08	5.06	3.85	3.06	2.50	2.10	1.79	0.00																					
14	0.24	0.58	1.13	2.19	2.61	4.27	6.30	8.30	10.29	12.26	16.15	20.01	17.02	13.51	11.05	9.26	7.91	5.66	4.31	3.42	2.80	2.34	0.41	0.00																					
15	0.26	0.62	1.21	2.35	2.80	4.57	6.75	8.90	11.02	13.13	17.31	21.44	18.87	14.98	12.26	10.27	8.77	6.28	4.77	3.79	3.10	2.60	0.00																						
16	0.27	0.66	1.29	2.51	2.99	4.88	7.20	9.49	11.76	14.01	18.46	22.87	20.79	16.50	13.51	11.32	9.66	6.91	5.26	4.17	3.42	1.78	0.00																						
17	0.29	0.70	1.37	2.66	3.17	5.18	7.65	10.08	12.49	14.88	19.62	24.30	22.77	18.07	14.79	12.40	10.58	7.57	5.76	4.57	3.74	0.00																							
18	0.31	0.75	1.45	2.82	3.36	5.49	8.10	10.68	13.23	15.76	20.77	25.73	24.81	19.69	16.11	13.51	11.53	8.25	6.28	4.98	4.08	0.00																							
19	0.33	0.79	1.53	2.98	3.55	5.79	8.55	11.27	13.96	16.63	21.92	27.16	26.91	21.35	17.48	14.65	12.50	8.95	6.81	5.40	0.20	0.00																							
20	0.34	0.83	1.61	3.13	3.73	6.10	9.00	11.86	14.70	17.51	23.08	28.59	29.06	23.06	18.87	15.82	13.51	9.66	7.35	5.83	0.00																								
21	0.36	0.87	1.69	3.29	3.92	6.40	9.45	12.46	15.43	18.38	24.23	30.02	31.26	24.81	20.31	17.02	14.53	10.40	7.91	6.28	0.00																								
22	0.38	0.91	1.77	3.45	4.11	6.71	9.90	13.05	16.17	19.26	25.39	31.45	33.52	26.60	21.77	18.25	15.58	11.15	8.48	0.00																									
23	0.40	0.95	1.85	3.61	4.29	7.01	10.35	13.64	16.90	20.13	26.54	32.88	35.84	28.44	23.28	19.51	16.66	11.92	9.07	0.00																									
24	0.41	0.99	1.93	3.76	4.48	7.32	10.80	14.24	17.64	21.01	27.69	34.31	38.20	30.31	24.81	20.79	17.75	12.70	9.66	0.00																									
25	0.43	1.04	2.01	3.92	4.67	7.62	11.25	14.83	18.37	21.89	28.85	35.74	40.61	32.23	26.38	22.11	18.87	13.51	10.27	0.00																									
26	0.45	1.08	2.09	4.08	4.85	7.93	11.70	15.42	19.11	22.76	30.00	37.17	43.07	34.18	27.98	23.44	20.02	14.32	10.90	0.00																									
28	0.48	1.16	2.26	4.39	5.23	8.54	12.60	16.61	20.58	24.51	32.31	40.03	47.68	38.20	31.26	26.20	22.37	16.01	0.00																										
30	0.52	1.24	2.42	4.70	5.60	9.15	13.50	17.79	22.05	26.26	34.62	42.89	51.09	42.36	34.67	29.06	24.81	17.75	0.00																										
32	0.55	1.33	2.58	5.02	5.98	9.76	14.40	18.98	23.52	28.01	36.92	45.75	54.50	46.67	38.20	32.01	27.33	19.56	0.00																										
35	0.60	1.45	2.82	5.49	6.54	10.67	15.75	20.76	25.72	30.64	40.39	50.03	59.60	53.38	43.69	36.62	31.26	1.35	0.00																										
40	0.69	1.66	3.22	6.27	7.47	12.20	18.00	23.73	29.39	35.02	46.16	57.18	68.12	65.22	53.38	44.74	38.20	0.00																											
45	0.77	1.86	3.63	7.05	8.40	13.72	20.25	26.69	33.07	38.39	51.92	64.33	76.63	77.83	63.70	53.38	12.45	0.00																											
	Tipo A					Tipo B					Tipo C																																		
	Tipo A: Lubricación manual o por goteo															Tipo B: Lubricación en baño o con disco															Tipo C: Lubricación con chorro de aceite														

Fuente: American Chain Association, Naples, FL

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Gráfico de tabla 7-8 Factores de Servicio para Transmisiones por Cadenas. (Mott, 2006).

FACTORES DE SERVICIO PARA TRANSMISIONES POR CADENA			
TIPO DE CARGA	TIPO DE IMPULSOR		
	IMPULSOR HIDRÁULICO	MOTOR ELÉCTRICO O TURBINA	MOTOR DE CONBUSTIÓN INTERNA CON TRANSMISIÓN MECÁNICA
Uniforme(Agitadores, ventiladores, transportadores con carga ligera y uniforme)	1.0	1.0	1.2
Choque moderado (Máquinas herramientas, grúas, transportadores pesados, mezcladores de alimento y molinos)	1.2	1.3	1.4
Choque Pesado (Prensas de troquelado, molinos de martillo, transportadores alternos, accionamientos de molino de rodillos)	1.4	1.5	1.7

Gráfico Tabla 7-9 Lubricante recomendado para transmisiones por Cadena. (Mott, 2006).

LUBRICANTE RECOMENDADO PARA TRANSMISIÓN POR CADENA		
TEMPERATURA AMBIENTE		LUBRICANTE RECOMENDADO
°F	°C	
20 a 40	-7 a 5	SAE 20
40 a 100	5 a 38	SAE 30
100 a 120	38 a 49	SAE 40
120 a 140	49 a 60	SAE 50

Tabla extraída de Serie de Relación De reducciones Nord. (Nord, 2008).

Serie de relaciones de reducción												
5	7,5	10	12,5	15	20	25	30	40	50	60	80	100

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Relaciones de reducción unificadas para los 5 tamaños de reductores unificados

Tabla extraída de Grado de Rendimiento Nord. (Nord, 2008).

Grados de rendimiento η a $n_1=1750$ min-1													
isch	5	7,5	10	12,5	15	20	25	30	40	50	60	80	100
SK 1Sl 31: η [%]	87	83	80	77	72	68	65	56	51	47	43	37	32
SK 1Sl 40: η [%]	89	85	83	81	76	72	69	61	56	52	48	42	37
SK 1Sl 50: η [%]	91	88	86	84	80	77	74	66	62	58	54	48	43
SK 1Sl 63: η [%]	92	90	88	87	83	80	77	70	66	62	59	53	49
SK 1Sl 75: η [%]	93	91	90	89	85	83	81	79	70	67	64	59	54

	INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

FIRMA ESTUDIANTES _____

FIRMA ASESOR _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA COMITÉ TRABAJO DE GRADO DE LA FACULTAD _____

RECHAZADO___ ACEPTADO___ ACEPTADO CON MODIFICACIONES___

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____

FIRMA CONSEJO DE FACULTAD _____

ACTA NO. _____

FECHA ENTREGA: _____