

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

# **CARACTERIZACIÓN ENERGÉTICA EN LA INDUSTRIA DE POLIMEROS S.C. RECYCLING S.A.**

Andrés Felipe Ortiz Rojas

Alexander Castaño Murillo

Ingeniería en Electromecánica

Msc. Ing. Luis Alberto García

Msc. Ing. Jhorman Mena Ledezma

**INSTITUTO TECNOLÓGICO METROPOLITANO**

**27/02/2017**

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## RESUMEN

---

SC RECYCLING S.A es una empresa Sueco-Colombiana (de ahí sus siglas SC) constituida en marzo del año 2000, a raíz de la necesidad del sector industrial de lograr y demostrar un sano desempeño ambiental. Se sustentó basado en la importancia de reducir los impactos potenciales a través del ciclo de vida de los polímeros, tras una extensiva investigación acerca de la mejor manera de reciclarlos, reproducirlos o transformarlos en productos finales.

Se nota en la actualidad el alza en el costo de la energía eléctrica en los últimos años, las empresas deben buscar estrategias que les permita tener una correcta utilización del uso eficiente de la energía; con el presente estudio se decidió revisar y verificar el correcto funcionamiento de las máquinas en la empresa SC RECYCLING S.A, con respecto a la producción , los consumos energéticos y la eficiencia de las máquinas, en comparación con las fichas técnicas en la peletizadora mono husillo, peletizadora doble husillo, extrusora de perfilería, aglutinadora y centrifuga de lavado, e identificar las anomalías que tiene el proceso y se proponen acciones para mejorar la eficiencia de la energía consumida y la producción obtenida.

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

## RECONOCIMIENTOS

---

Agradecer enormemente al Instituto Tecnológico Metropolitano por su acompañamiento en la formación integral en nuestras vidas de forma personal y laboral primero como tecnólogos, ahora como ingenieros, y adicional al departamento de investigación de polímeros encabezado por el profesor Msc.Ing. Luis Alberto García y Msc.Ing. Jhorman Mena Ledezma por el acompañamiento durante todo el desarrollo de este trabajo de grados.

Ofrecer nuestro entero agradecimiento a la empresa S.C. RECYCLING S.A. por permitirnos realizar un análisis de caracterización energética de sus máquinas para el desarrollo de este trabajo.

Agradecer a Dios y a nuestras familias que han sido nuestro apoyo constante en todo este proceso de formación y superación personal.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## ACRÓNIMOS

---

<i>ANOVA</i>	Análisis de la varianza
<i>AC</i>	Corriente alterna
<i>CEE</i>	Coefficiente específico de energía
<i>CCCS</i>	Consejo Colombiano de Construcción Sostenible
<i>CO<sub>2</sub></i>	Dióxido de carbono
<i>CCCS</i>	Consejo Colombiano de Construcción Sostenible
<i>DC</i>	Corriente Continua
<i>Hp</i>	Caballos de fuerza
<i>IDC</i>	Proveedor global de inteligencia de mercado
<i>kWh</i>	Kilovatio-hora
<i>Kg</i>	Kilogramo
<i>MWh</i>	Megavatio-hora
<i>PEAD /HDPE</i>	Polietileno de alta densidad
<i>PP</i>	Polipropileno
<i>PEAB /LDPE.</i>	Polietileno de densidad baja
<i>PE</i>	Polietileno
<i>SC</i>	SUECO COLOMBIANA
<i>Upme</i>	Unidad de Planeación Minero Energética
<i>Wh</i>	Vatio-hora
€	Euro
°C	Grados centígrados

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

## TABLA DE CONTENIDO

1.	INTRODUCCIÓN	11
1.1	GENERALIDADES	11
1.2	OBJETIVOS	12
2.	MARCO TEÓRICO	13
3.	METODOLOGÍA	15
3.1	DESCRIPCION DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS	15
3.1.1	Extrusión	
3.1.2	Peletizado	
3.1.3	Aglutinado	
3.1.4	Secado	
3.2	LEVANTAMIENTO DE INFORMACIÓN DE EQUIPOS DE MAYOR IMPACTO EN CONSUMO ENERGÉTICO DENTRO DE LA COMPAÑÍA	16
3.2.1	Ficha técnica Peletizadora Mono husillo	16
3.2.2	Ficha técnica Peletizadora Doble husillo	20
3.2.3	Ficha técnica Centrifuga de Lavado	22
3.2.4	Ficha técnica Extrusora de perfilería	24
3.2.5	Ficha tecnica Aglutinadora	26
3.3	MEDICIONES ENERGÉTICAS	28
3.3.1	Mediciones Directas	28
3.3.1	Mediciones Indirectas	32
3.4	ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	36
3.4.1	RELACIÓN DE MEDIDAS DIRECTAS VS INDIRECTAS	36

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

3.4.1.1	Relación de medidas directas vs indirectas peletizadora mono husillo	37
3.4.1.2	Relación de medidas directas vs indirectas peletizadora doble husillo	39
3.4.1.3	Relación de medidas directas vs indirectas centrifuga de lavado	41
3.4.1.4	Relación de medidas directas vs indirectas extrusora de perfilería	43
3.4.1.5	Relación de medidas directas vs indirectas aglutinadora	47
3.4.2	RELACIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO CON LA PRODUCCIÓN	49
3.4.2.1	Relación de consumo energético vs producción peletizadora mono husillo	49
3.4.2.2	Relación de consumo energético vs producción peletizadora doble husillo	51
3.4.2.3	Relación de consumo energético vs producción centrifuga de lavado	54
3.4.2.4	Relación de consumo energético vs producción extrusora de perfilería	55
3.4.2.5	Relación de consumo energético vs producción aglutinadora	57
3.5	PROPONER ACCIONES PARA MEJORAR LA RELACIÓN ENTRE LA ENERGÍA CONSUMIDA Y LA PRODUCCIÓN OBTENIDA	60
3.5.1	Acciones de mejora en la peletizadora mono husillo	60
3.5.2	Acciones de mejora en la peletizadora doble husillo	61
3.5.3	Acciones de mejora en la centrifuga de lavado	63
3.5.4	Acciones de mejora en la extrusora de perfilería	65
3.5.5	Acciones de mejora en la aglutinadora	67
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
	6969	
5.	CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y TRABAJO FUTURO	
	700	
	APÉNDICE	
	754	

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## **ORGANIZACIÓN DEL TRABAJO**

### **LISTADO DE FIGURAS**

Figura 1. Caja reductora Amut	17
Figura 2. Disipadores térmicos	18
Figura 3. Alimentación ranurada Amut	19
Figura 4. Peletizadora mono husillo Amut	19
Figura 5. Centrifuga dinámica costarelli	23
Figura 6. Extrusora de perfilería	25
Figura 7. Aglutinadora	27
Figura 8. Analizador de la energía Fluke 435 Serie II	28
Figura 9. Pinzas amperimétricas Fluke	32
Figura 10. Silo agitador	53
Figura 11. Línea de lavado y centrifugado abasteciendo a la aglutinadora	54
Figura 12. Línea de lavado y centrifugado abasteciendo a la aglutinadora	55
Figura 13. Peletizadora mono husillo	60
Figura 14. Peletizadora doble husillo	61
Figura 15. Centrifuga de lavado	63
Figura 16. Centrifuga de lavado proceso de secado actual	64
Figura 17. Propuesta de mejora a centrifuga de lavado en el secado	64
Figura 18. Extrusora de perfilería	65
Figura 19. Propuesta Extrusora de perfilería con tolva de autoabastecimiento	66

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Figura 20. Aglutinadora

67

### LISTADO DE TABLAS

Tabla 1. Ficha técnica de motores peletizadora mono husillo	17
Tabla 2. Ficha técnica de la peletizadora doble husillo	21
Tabla 3. Ficha técnica de la lavadora centrifuga	22
Tabla 4. Ficha técnica de la extrusora de perfilería	24
Tabla 5. Ficha técnica de la Aglutinadora	26
Tabla 6. Condiciones Anova	36
Tabla 7. Análisis de varianza peletizadora mono husillo	37
Tabla 8. Análisis de varianza peletizadora doble husillo	39
Tabla 9. Análisis de varianza peletizadora doble husillo	41
Tabla 10. Análisis de varianza de Extrusora de Perfilería	43
Tabla 11. Análisis de varianza de Aglutinadora.	47
Tabla 12. Medición de Producción peletizadora mono husillo	49
Tabla 13. Tabla producción mes de abril	50
Tabla 14. Medición de Producción peletizadora doble husillo	51
Tabla 15. Tabla producción mes de febrero	52
Tabla 16. Medición de Producción extrusora de perfilería.	56
Tabla 17. Tabla producción mes de agosto	56
Tabla 18. Medición de Producción Aglutinadora	58
Tabla 19. Tabla producción mes de Noviembre	58

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

### LISTADO DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Medición directa peletizadora mono husillo con analizador de redes	29
Gráfica 2. Medición directa peletizadora doble husillo con analizador de redes	29
Gráfica 3. Medición directa Lavadora Centrifuga con analizador de redes	30
Gráfica 4. Medición directa Extrusora de Perfilería con analizador de redes	30
Gráfica 5. Medición directa Extrusora de Perfilería con analizador de redes	31
Gráfica 6. Medición indirecta peletizadora mono husillo con pinzas	33
Gráfica 7. Medición indirecta peletizadora doble husillo con pinzas	33
Gráfica 8. Medición indirecta lavadora centrifuga con pinzas	34
Gráfica 9. Medición indirecta Extrusora de Perfilería con pinzas	34
Gráfica 10. Medición indirecta Aglutinadora con pinza	35
Gráfica 11. Medición directa peletizadora mono husillo con analizador de redes, desviación estándar y promedio	38
Gráfica 12. Medición indirecta peletizadora mono husillo con pinzas, desviación estándar y promedio	38
Gráfica 13. Medición directa peletizadora doble husillo con analizador de redes, desviación estándar y promedio	40
Gráfica 14. Medición indirecta peletizadora doble husillo con pinzas, desviación estándar y promedio	40
Gráfica 15. Medición directa centrifuga de lavado con pinzas, desviación estándar y promedio	42
Gráfica 16. Medición indirecta centrifuga de lavado con analizador de redes, desviación estándar y promedio	42

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Gráfica 17. Medición directa Extrusora de perfilería con analizador de redes, desviación estándar y promedio	45
Gráfica 18. Medición indirecta Extrusora de Perfilería con pinzas, desviación estándar y promedio	46
Gráfica 19. Medición directa Aglutinadora con analizador de redes, desviación estándar y promedio	48
Gráfica 20. Medición indirecta Aglutinadora con pinzas, desviación estándar y promedio	49
Gráfica 21. Medición directa de la peletizadora mono husillo	50
Gráfica 22. Medición directa peletizadora doble husillo	52
Gráfica 23. Medición directa de la lavadora centrifuga	55
Gráfica 24. Medición directa de la Extrusora de Perfilería	56
Gráfica 25. Medición directa de la Aglutinadora	57

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

# 1. INTRODUCCIÓN

---

## 1.1 GENERALIDADES

La empresa SC RECYCLING S.A, fue creada por un grupo de empresarios para aprovechar los desperdicios de polímeros que se presentaban en sus empresas, la idea de estos directivos es contribuir con el medio ambiente. La entidad ha venido tomando mucha fuerza en el mercado y en la actualidad logran procesar entre 350 a 400 toneladas por mes en el área de los polímeros.

A finales del 2013 la empresa tenía tres procesos industriales aglutinado, peletizado, y extrusión de perfilería como producto terminado, Para procesar PEBD policolor, PP metalizado, laminado policolor en material sucio o contaminado se tiene personal operativo para seleccionar que luego pasa al proceso de molienda, lavado y secado; este último proceso se realiza por medio de una centrifuga y un quemador industrial.

Uno de los principales problemas en el proceso de peletizado, era que el material salía inflado por la humedad proveniente de la línea de lavado y la bomba de vacío (desgasificador) no era suficiente para poderlo procesar, se debía aglutinar este producto terminado era la materia prima del proceso de peletizado.

La empresa en 2014 adquirió una peletizadora doble husillo con su respectivo sistema de corte, silo de almacenamiento y molino; con el fin de procesar materias primas de polímeros difíciles de desgasificar con problemas de humedad. Al instalar esta máquina se generó un incremento en el consumo de la energía.

La caracterización energética es un proceso que tiene por objetivo encontrar las oportunidades para optimizar el consumo energético dentro de cualquier sistema consumidor de energía, en este proceso se interrelacionan la eficiencia energética, el mantenimiento y las condiciones de operación como principales componentes para analizar los sistemas. Para concluir que medidas deben tomarse para mejorar los consumos de energía.

Con el ánimo de identificar el estado actual del consumo energético en las instalaciones de la empresa SC RECYCLING S.A se lleva a cabo la caracterización energética que tiene como objetivo encontrar las oportunidades para optimizar el consumo energético y proponer de mejora en busca de aumentar la eficiencia en la maquinaria.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Para evaluar cualitativamente y cuantitativamente se realizaron mediciones directas, e indirectas para comparar el consumo energético y realizar un análisis estadístico de la viabilidad de la medición de indirecta en cada una de las máquinas, luego con las mediciones directas se realizan las comparaciones de consumo energético, respecto a las características técnicas de las maquinas basadas en la máxima producción del año 2016 y lo procesado durante las mediciones realizadas con el analizador de redes, para calcular la eficiencia energética y capacidad operativa en cada una de las máquinas: la peletizadora doble husillo, la peletizadora mono husillo, la centrifuga de lavado, la aglutinadora y la extrusora de perfilería.

## **1.2 Objetivos:**

### **General**

Caracterizar y medir la eficiencia energética en peletizadora mono husillo, peletizadora doble husillo, extrusora de perfilería plástica, aglutinadora y centrifuga de lavado de materias primas de la empresa S.C. RECYCLING en el 2016.

### **Específicos:**

- Levantar la información de las características técnicas y consumo energético de las máquinas a analizar: peletizadora mono husillo, peletizadora doble husillo, extrusora de perfilería, aglutinadora y centrifuga de lavado.
- Analizar el consumo de energía con la producción de las máquinas peletizadora mono husillo, peletizadora doble husillo, extrusora de perfilería, aglutinadora y centrifuga de lavado.
- Proponer acciones para mejorar la relación entre la energía consumida y la producción obtenida.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 2. MARCO TEÓRICO

La eficiencia energética es una práctica que tiene como objeto reducir el consumo de energía específico, optimizando los procesos productivos para producir más bienes y servicios.

Según el informe del proveedor global de inteligencia de mercado IDC (Portafolio, 2013), las ciudades emplean en la actualidad más de dos tercios de la energía mundial, albergan al 50% de la población y representan el 70 % de las emisiones globales de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>).

Cristina Gamboa (Portafolio, 2013), directora Ejecutiva del Consejo Colombiano de Construcción Sostenible (CCCS), afirma que en Colombia, “según estudios realizados por la Unidad de Planeación Minero Energética (Upme 2013), se consume alrededor 60.000 Gigavatios hora (GWh) en energía eléctrica al año. De esta cantidad, Bogotá participa con cerca del 22%, Medellín con el 7% y Barranquilla con 4%”.

De acuerdo a las Leyes 142 y 143 de 1994, para las empresas del sector eléctrico, tienen la obligación de promover el uso racional de la electricidad, por esto las empresas deben buscar estrategias que les permita tener una correcta utilización del uso eficiente de la energía.

El ahorro de la energía, así como su conservación y uso eficiente, es uno de los objetivos prioritarios en el desarrollo de las actividades del sector eléctrico, por esto se hace mención de estas leyes las cuales rigen a las industrias porque es deber de las empresas prestadoras de servicios públicos realizar entrega de la energía de modo eficiente y así mismo su control por medio de los consumos en las empresas.

La eficiencia energética se puede medir a través de un indicador llamado consumo de energía específica, que se define como la relación entre la energía utilizada y la cantidad producida.

Tanaka (Tanaka, 2008) hace un estudio en el campo de las tecnologías de eficiencia energética, el primer objetivo de su trabajo es reducir la energía y el consumo de recursos en la producción, el segundo objetivo es contribuir a la identificación y comprensión de las características de las empresas. Tanaka, define la intensidad de energía que valora el consumo de energía sobre un valor físico de salida (kWh/kg). Esto se toma como base para el trabajo de investigación en el cual va a ser enfocado para evaluar las máquinas.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

Con la implementación de sistemas de gestión energética, auditorías energéticas o programas de uso racional de la energía en empresas del sector de plásticos, se hace necesario cuantificar los consumos energéticos asociados a la transformación de los materiales plásticos (Kent, 2008). Algunos valores típicos de consumo de energía específicos promedio para el proceso de inyección se encuentran entre 2.9 a 3.1 kWh/kg, y para el proceso de extrusión de 1.5 kWh/kg aproximadamente.

Por lo tanto, el procedimiento que se va a realizar es registrar la salida de fábrica (en kg) y registrar el consumo de energía (en kWh) para el mismo período. En fábricas de moldeo por inyección. Luego realiza la gráfica del uso de la energía (en kWh) frente producción (en kg) en un gráfico de dispersión. Luego se realiza un trazado de los puntos y define la ecuación que mejor se ajuste a la muestra.

La empresa IPSOM (IPSOM, 2012) realizó una auditoría energética integral en una empresa de producción de piezas de plástico por inyección para multitud de sectores (automoción, alimentación, sanidad) en 5 inyectoras de plástico y su consumo energético era 330 MWh anuales y más de 36.000 €.

IPSOM realizó un aislamiento térmico en los husillos de la maquinaria de inyección e instalaron variadores de frecuencia en los motores de las máquinas. Y los resultados fueron una reducción en el consumo de unos 102 MWh anuales y 11.300 €. Casi dos terceras partes de este ahorro se deben a la acción de los variadores de frecuencia. Las inversiones se amortizan en menos de 3 años además de la reducción del gasto eléctrico, las mejoras implantadas conllevan las siguientes ventajas:

- Aislamiento de los husillos: aumento de la seguridad laboral por reducción del riesgo de quemaduras, prolongación de la vida de las resistencias, reducción del tiempo de puesta en marcha.
- Variadores de frecuencia: extensión de la vida de los motores al tener un arranque tipo soft.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

## 3. METODOLOGÍA

---

### 3.1 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS.

El plástico es moldeado a través de máquinas térmicas como extrusión, aglutinado, peletizado, haciendo del polímero un material con la capacidad de pasar de un estado sólido a un estado visco-elástico debido a que es un fluido no newtoniano.

Se presentan los siguientes procesos de transformación de los polímeros:

#### 3.1.1 Extrusión:

Es el proceso más importante de obtención de formas plásticas, en volumen de producción. Es un proceso continuo, en el que la resina es fundida por la acción de temperatura y fricción, es forzada a pasar por un dado que le proporciona una forma definida, y enfriada finalmente para evitar deformaciones permanentes. Se fabrican por este proceso: tubos, perfiles, películas, manguera, láminas, filamentos y pellets.

#### 3.1.2 Peletizado:

El granulado debe fundirse y pasarse a través de un cabezal para tomar la forma de espagueti al enfriarse en un baño de agua. Durante la transformación, la resina alimentada es reblandecida por acción de la temperatura que proviene generalmente de resistencias eléctricas y por la fricción de un elemento giratorio denominado husillo.

La peletizadora de doble husillo, proporcionan un empuje mucho mayor que el de un solo husillo, aceleraciones de material mucho mayor, esfuerzos cortantes relativamente altos, mezclado intensivo y mayor desgasificación.

#### 3.1.3 Aglutinado:

Es utilizado para dar densidad o granular los empaques flexibles como es la bolsa plástica, está diseñada para procesar polipropileno y polietileno de alta o baja densidad.

#### 3.1.4 Secado:

Posterior al ciclo de lavado sigue un proceso de secado el cual debe eliminar el remanente de humedad del material, para que pueda ser comercializado y posteriormente procesado. Pueden usarse secadores centrifugados, es decir tambores especialmente

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

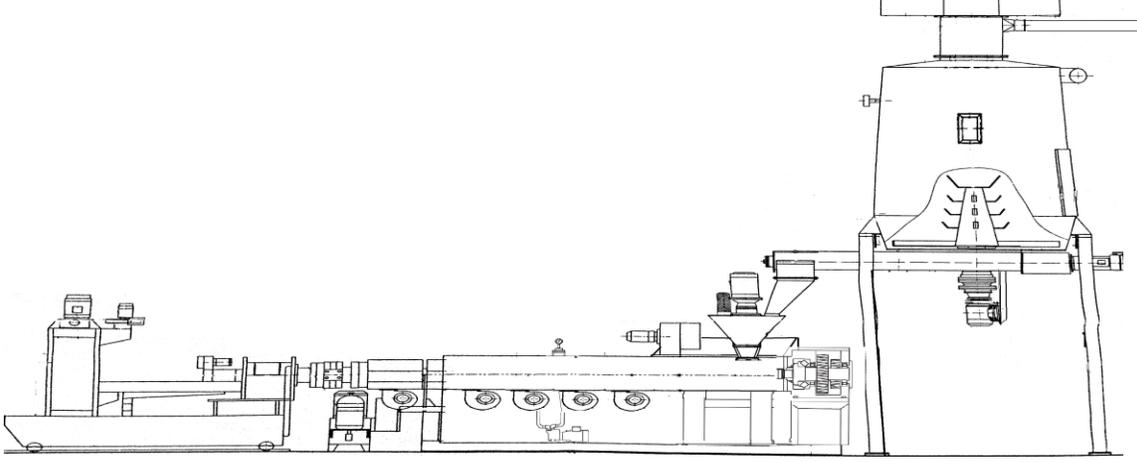
diseñados para extraer la humedad por las paredes externas del equipo. En los casos que se requiera extrema sequedad pueden usarse secaderos térmicos de doble lecho fluido con aire atemperado a 120°C hasta 180°C.

### 3.2 Levantamiento de información de equipos de mayor impacto en consumo energético dentro de la compañía.

Se presentan las fichas técnicas de las máquinas en las cuales se realizó la medición de consumo energético en relación con la producción, para realizar sus respectivos análisis energéticos.

#### FICHA TÉCNICA DE LAS MÁQUINAS:

##### 3.2.1 FICHA TÉCNICA PELETIZADORA MONO HUSILLO

<b>PELETIZADORA MONO HUSILLO</b>	
<b>MODELO : NENODI</b>	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
<b>Numero de matricula</b>	<b>9083</b>
MARCA	AMUT
PRODUCCION DE PE Y PP	200 A 300 Kg / h
	
<b>EXTRUSOR</b>	
CILINDRO Y TORNILLOS EN ACERO	38CrAlMo
TORNILLO DIÁMETRO	100mm
LONGITUD L/D	35
TIPO	VM100 -35 -006 Tipo JT04
VELOCIDAD MIN – MÁX. N/1	1000

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

REDUCTOR	1:12,7
CAPACIDAD	1630000N
POTENCIA CALENTAMIENTO	39,350KW
ZONAS DE CALENTAMIENTO	7
CAMPO DE VELOCIDAD	01:10

<b>PELETIZADORA MONOHUSILLO</b>							
DESCRIPCION	V	SISTEMA	HP	FACTOR	fp	n	KW
CENTRIFUGA ELEVADORA	220	3φ	4	0,746	0,8	0,82	2,98
TURBINA SOPLADOR	220	3φ	1,2	0,746	0,56	0,68	0,90
EXTRACTOR HUMEDAD	220	3φ	0,5	0,746	0,56	0,68	0,37
BOMBA DE RECIRCULACION	220	3φ	7,5	0,746	0,87	0,774	5,60
CORTADOR	220	3φ	3,3	0,746	0,87	0,89	2,46
VENTILADOR ZONA 2	220	3φ	0,75	0,746	0,48	0,64	0,56
VENTILADOR ZONA 3	220	3φ	0,75	0,746	0,48	0,64	0,56
VENTILADOR ZONA 4	220	3φ	0,75	0,746	0,48	0,64	0,56
VENTILADOR ZONA 5	220	3φ	0,75	0,746	0,48	0,64	0,56
VENTILADOR EXTRUSORA	220	3φ	5	0,746	0,83	0,82	3,73
EXTRUSOR MOTOR PRINCIPAL DC	220	3φ	270	0,746	1	1	201,42
MOTOR DESGASIFICADOR	220	3φ	5	0,746	0,88	0,89	3,73
TORNILLO TIPO CRAMMER	220	3φ	10	0,746	0,84	0,81	7,46
AGITADOR SILO	220	3φ	3	0,746	0,82	0,82	2,24
TORNILLO ALIMENTADOR	220	3φ	2	0,746	0,8	0,82	1,49
Total							234,62

**Tabla 1.** Ficha técnica de peletizadora mono husillo  
(<http://www.amutgroup.com/amut/en/catalogs>).

La peletizadora mono husillo está dotada de un reductor ver **figura 1** marca AMUT contruidos específicamente para transmitir elevado momento torsor. Las características principales son las siguientes: tren de engranajes en acero templado y rectificadas, perfil de diente inclinado para reducir al mínimo los ruidos y vibraciones, rodamiento con gran margen de seguridad a las condiciones de máxima velocidad y máxima carga, bomba de recirculación con filtro para lubricación de todo el tren de engranajes, además cuenta con un intercambiador de calor para el óptimo mantenimiento del lubricante.

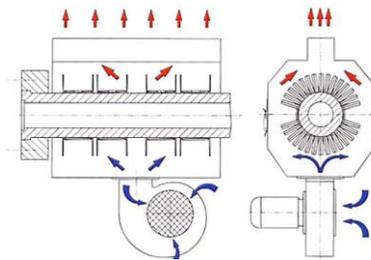


	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

**Figura 1.** Caja reductora Amut (<http://pdf.directindustry.com/pdf/Amut/single-screw-extruders-ea-series/20400-361207.html>).

La máquina peletizadora mono husillo tiene un motor principal de 200 kW de corriente continua a 380 voltios esta dimensionado con alta reserva de potencia y controlado por un inversor de voltaje de alterna a directa, el sistema permite una perfecta regulación de la velocidad y su accionamiento es digital o analógico, el motor principal está acoplado directamente al reductor por medio de una junta elástica, sin empleo de poleas y correas, reduciendo notablemente espacio y ruido.

Las resistencias eléctricas poseen disipadores térmicos ver **figura 2** de alta eficiencia para incrementar el intercambio térmico que actúan por medio sofisticados con instrumentos de control de temperatura tipo PID controlando 5 ventiladores de 0.5 kW de alta capacidad que reducen la temperatura en el barril cuando sobrepasa el set-point del controlador de temperatura.

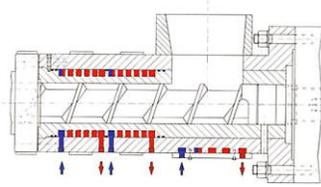


**Figura 2.** Disipadores térmicos (<http://pdf.directindustry.com/pdf/Amut/single-screw-extruders-ea-series/20400-361207.html>).

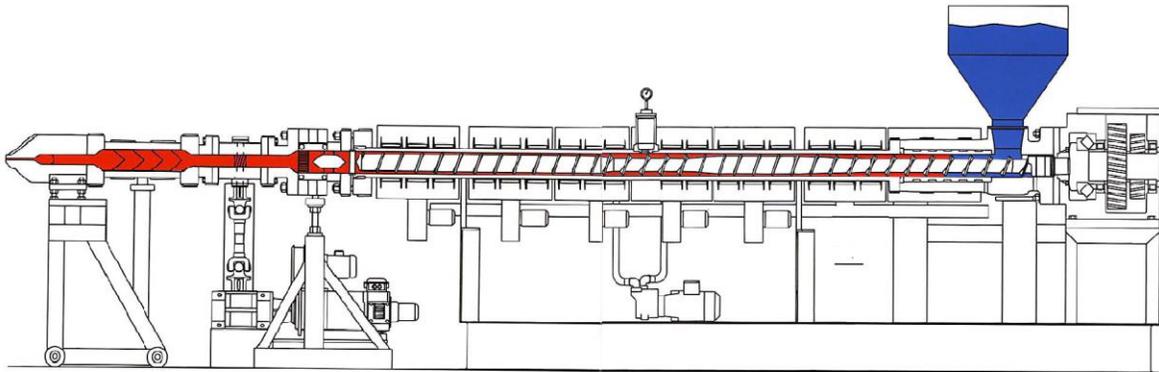
La peletizadora mono husillo tiene los siguientes componentes ver **tabla 1**: un silo de almacenamiento con un agitador de 4.4 kW con el fin de homogenizar el material, un tornillo alimentador de 3 kW, una bomba de recirculación de 2.5 kW, una secadora centrífuga de 3 kW un cortador 2.5 kW y extractor de humedad de 0.3 kW, un motor de alimentación tipo crammer de 7.4 kW que es supervisada por un control de amperaje del motor principal, un desgasificador de 3.7 kW que trabaja para ciertos materiales, para las mediciones con el material que se procesó no fue necesario encenderlo.

La peletizadora mono husillo ver **figura 4** consta de una zona de alimentación ranurada ver **figura 3** para obtener una capacidad lineal en función del número de revoluciones que no sea influenciada de los valores de contrapresión, además en la zona de alimentación ranurada la presión aumenta rápidamente por que las ranuras se oponen a la rotación del material con el husillo.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



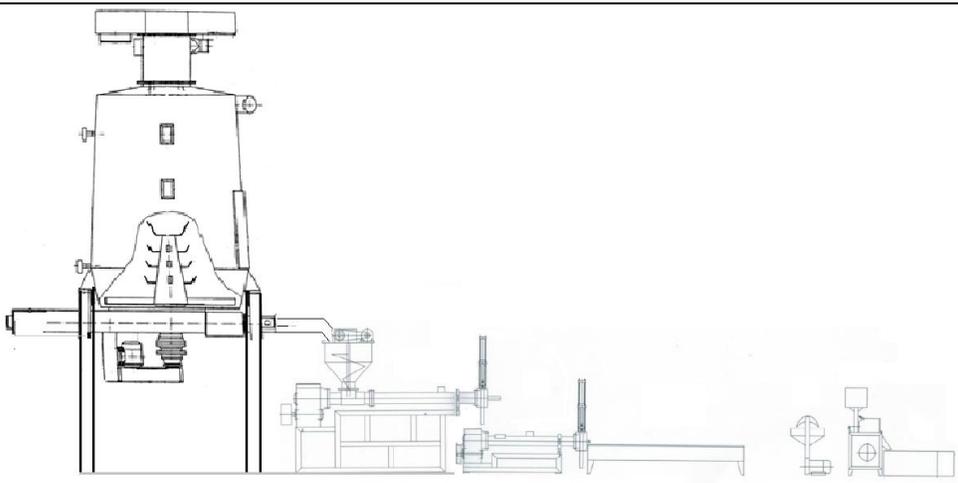
**Figura 3.** Alimentación ranurada Amut (<http://pdf.directindustry.com/pdf/Amut/single-screw-extruders-ea-series/20400-361207.html>).



**Figura 4.** Peletizadora mono husillo Amut (<http://pdf.directindustry.com/pdf/Amut/single-screw-extruders-ea-series/20400-361207.html>).

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3.2.2 FICHA TÉCNICA PELETIZADORA DOBLE HUSILLO.

<b>PELETIZADORA DOBLE HUSILLO</b>	
<b>MODELO : VMJ180 A 160A</b>	
	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	
VOLTAJE	220 3 PH 60 HZ
MARCA	VERMACK
PRODUCCION DE PE Y PP	400 A 500 KG / H
<b>PRIMER EXTRUSOR</b>	
CAJA REDUCTORA	#580
DIAMETRO DEL TORNILLO	180 MM
LARGO DEL TORNILLO	3000 MM
CORRIENTE DE PLACA MOTOR PRINCIPAL	274 A
MOTOR PRINCIPAL	90 KW 1785 RPM CON INVERSOR ALPHA
ZONAS DE TEMPERATURA EN BARRIL	10
MALLA FILTRADORA TIPO	HIDRAULICA DOBLE ESTACION SIN PARO
MALLA DE FILTRO	280 MM X 280 MM
MATERIAL DEL TORNILLO	38CRMOALA
L/D DEL TORNILLO	16:01
MATERIAL DEL BARRIL	40CR
<b>SEGUNDOSUNDO EXTRUSOR</b>	
DIAMETRO DEL TORNILLO	160 mm
LARGO DEL TORNILLO	1800 mm
TIPO VENTILADO	ESCAPE SINGULAR
MOTOR PRINCIPAL	22 KW
ZONAS DE TEMPERATURA EN BARRIL	5
MALLA FILTRADORA TIPO	DOBLE ESTACION DE CAMBIO SIN PARO
MALLA DE FILTRO	280 X280 mm
MOLINO (CRUSHER)	45 HP

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

MATERIAL DEL TORNILLO	38CRMOALA
MATERIAL DEL BARRIL	40CR
L/D	11:01
CAJA REDUCTORA	#225
CUCHILLAS DE CORTE GRANULADO	24
VENTILADORES DE REFRIGERACION	10
TINA DE ENFRIAMIENTO ACERO INOXIDABLE	3 Metros
ACEITE MINERAL	320
TIPO DE ACOPLE DE MOTOR REDUCTOR	POLEAS

PELETIZADORA DOBLEHUSILLO							
DESCRIPCION	V	SISTEMA	HP	FACTOR	fp	n	KW
PRIMER EXTRUSOR	220	3φ	121	0,746	0,91	0,95	90,27
SEGUNDO EXTRUSOR	220	3φ	30	0,746	0,89	0,926	22,38
SECADORA DE PELLETS	220	3φ	0,9	0,746	0,76	0,76	0,67
ALIMENTACION CRAMMER	220	3φ	4	0,746	0,84	0,85	2,98
MOTOR PICADOR	220	3φ	7,3	0,746	0,875	0,88	5,45
MOLINO	220	3φ	40	0,746	0,89	0,88	29,84
MOTOR VENTILADOR ZONA 1	220	2φ	0,18	0,746	0,6	0,7	0,13
MOTOR VENTILADOR ZONA 2	220	2φ	0,18	0,746	0,6	0,7	0,13
MOTOR VENTILADOR ZONA 3	220	2φ	0,18	0,746	0,6	0,7	0,13
MOTOR VENTILADOR ZONA 4	220	2φ	0,18	0,746	0,6	0,7	0,13
MOTOR VENTILADOR ZONA 5	220	2φ	0,18	0,746	0,6	0,7	0,13
MOTOR VENTILADOR ZONA 6	220	2φ	0,18	0,746	0,6	0,7	0,13
MOTOR VENTILADOR ZONA 7	220	2φ	0,18	0,746	0,6	0,7	0,13
MOTOR VENTILADOR ZONA 8	220	2φ	0,18	0,746	0,6	0,7	0,13
MOTOR VENTILADOR ZONA 9	220	2φ	0,18	0,746	0,6	0,7	0,13
MOTOR VENTILADOR ZONA 10	220	2φ	0,18	0,746	0,6	0,7	0,13
TORNILLO ALIMENTADOR	220	3φ	3	0,746	0,85	0,86	2,24
CAMBIA MALLAS	220	3φ	5	0,746	0,82	0,842	3,73
COMOPRESOR CHILLER	220	3φ	5	0,746	0,85	0,85	3,73
SILO	220	3φ	1	0,746	0,76	0,76	0,75
Total							163,37

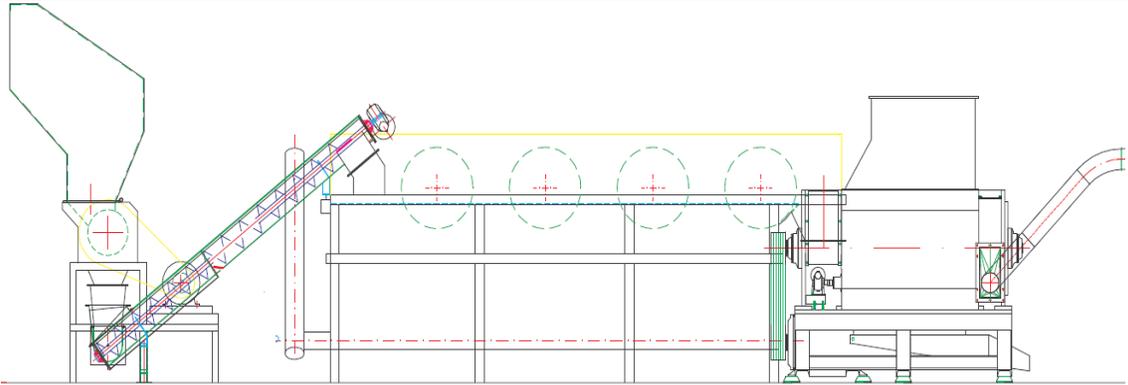
**Tabla 2.** Ficha técnica de la peletizadora doble husillo  
(<http://www.asianmachineryusa.com/catalogos>).

La peletizadora doble husillo es apropiada para el reciclado PE Y PP; ya sean en fundas (film) o rígido post industrial, permite el recuperado de materiales con mayor cantidad o concentración de contaminación, suciedad o titas de impresión la línea.

La peletizadora doble husillo consta de los siguientes componentes ver **tabla 2**: 2 motores trifásicos de 1700 rpm alimentados 220 voltios controlados por medio de variadores de velocidad, el primer motor mueve el primer husillo de 90 kW y cuando el control de amperaje sobrepasa el set-point apaga el tornillo sinfín que trasporta el material del silo de almacenamiento al tornillo crammer, el segundo motor es de 22 kW y mueve el segundo husillo, que produce largas cuerdas de resina. Las cuerdas se sumergen en un baño de agua para solidificar el material que luego se cortan para hacer los cilindros uniformes los cuales son llamados pellets.

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

### 3.2.3 FICHA TÉCNICA CENTRIFUGA DE LAVADO.

CENTRIFUGA LAVADO							
							
ESPECIFICACIONES							
VOLTAJE				440V 3 PH 60 HZ			
MOTOR PRINCIPAL				86 KW			
TIPO DE ARRANQUE				ESTRELLA DELTA			
RPM				1730			
POTENCIA NOMINAL				95 kW			
CORRIENTE NOMINAL				150 A			
POSICIÓN DE MONTAJE				M1			
CENTRIFUGA DE LAVADO							
DESCRIPCION	V	SISTEMA	HP	FACTOR	fp	n	KW
TORNILLO DESCARGA	440	3φ	3	0,746	0,8	0,82	2,24
TAMBOR 1	440	3φ	1,3	0,746	0,79	0,8	0,97
TAMBOR 2	440	3φ	2	0,746	0,79	0,8	1,49
TAMBOR 3	440	3φ	2	0,746	0,79	0,8	1,49
TAMBOR 4	440	3φ	1,3	0,746	0,79	0,8	0,97
MOTOR BOMBA LINEA DE LAVADO	440	3φ	5	0,746	0,83	0,82	3,73
M. CENTRIFUGA	440	3φ	86	0,746	0,87	0,895	64,16
BOMBA ACEITE	440	3φ	0,21	0,746	0,56	0,67	0,16
TURBINA PULMON	440	3φ	4	0,746	0,76	0,8	2,98
TURBINA PARA EL SILO	440	3φ	5,4	0,746	0,86	0,82	4,03
BANDA TRANSPORTE DE LAVADO	440	3φ	1	0,746	0,6	0,76	0,75
Total							82,96

**Tabla 3.** Ficha técnica de la lavadora centrifuga  
 ((<http://www.ovest.it/mpe/fotok2001/costarelli.htm>)).

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



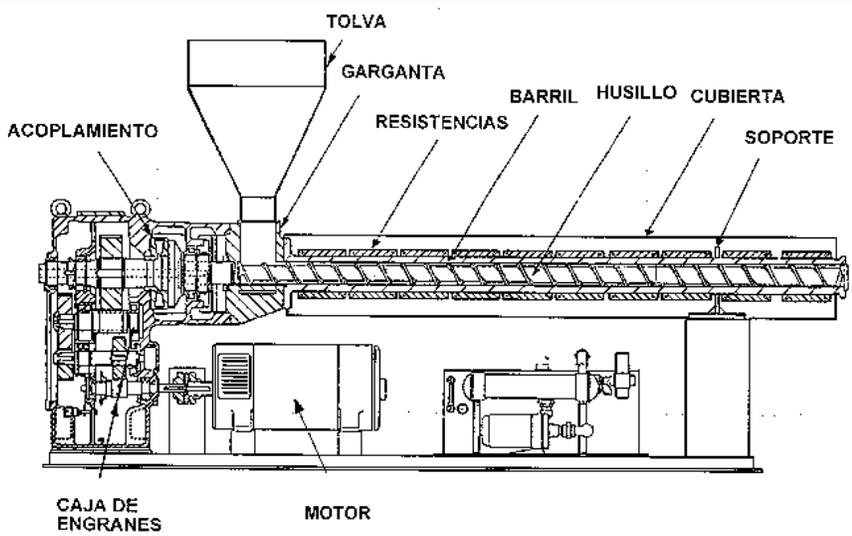
**Figura 5.** Centrifuga dinámica costarelli (<http://www.ovest.it/mpe/fotok2001/costarelli.htm>).

La máquina centrífuga ver **figura 5** es alimentada por el operario de la línea de lavado que suministra la materia prima por una banda de transporte 0.75 kW que alimenta al molino de 45 kW, si la corriente de este motor sobrepasa el set-point del controlador de amperaje, este apaga la banda de transporte, después que el molino ha picado el material, se tiene un tornillo de descarga de 2.5kW que transporta el material a la lavadora la cual tiene 2 tambores de 1 kW y 2 tambores de 1.5 kW, los cuales se encargan de lavar la materia prima y a su vez trasportarla a un tornillo de descarga de 2.24 kW este se encarga de suministrar la materia prima a secar en la centrifuga dinámica de 65 kW si la corriente de este motor sobrepasa el set-point del controlador de amperaje, este apaga el tornillo sinfín de descarga, los cuatro tambores de lavado y la banda que abastece el molino cuando el controlador está por debajo set-point, este enciende el tornillo sinfín de descarga y pasados 10 segundos enciende los tambores y la banda de transporte con el fin de tener un flujo constante en el tornillo de descarga, la lubricación de los rodamientos de la centrifuga se realiza por medio de una bomba de lubricación de 0.34 kW y la canastilla perforada de la centrifuga de secado giran por medio de un moto-reductor de 0.34 kW.

Con los controles de amperaje se busca controlar caudales de material constante para no obstruir las tuberías del ventilador soplador que transporta el material del secado, y disminuir paros por sobrecargas.

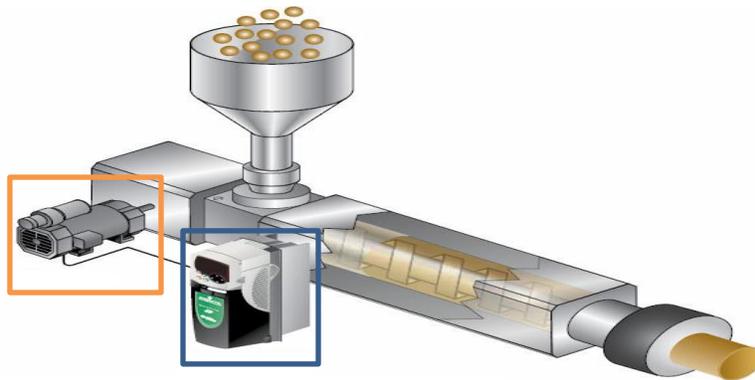
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3.2.4 FICHA TÉCNICA EXTRUSORA DE PERFILERÍA.

Extrusora de Perfilera							
							
ESPECIFICACIONES							
VOLTAJE				440v 3 ph 60 Hz			
PRODUCCIÓN DE PE Y PP				200 kg / h			
PRIMER EXTRUSOR							
CORRIENTE DE PLACA MOTOR PRINCIPAL				74 a			
MOTOR PRINCIPAL				45 kW 1765 rpm			
ZONAS DE TEMPERATURA EN BARRIL				6 conectadas en delta			
TIPO DE ACEITE REDUCTOR				320 mineral			
TIPO DE REDUCTOR				Cascada coaxial y ejes paralelos			
RELACIÓN DE REDUCCIÓN				76			
TORQUE NOMINAL REDUCTOR				2082			
TIPO DE ACOPLA MOTOR REDUCTOR MÁQUINA				Piñón cadena			
TIPO DE ARRANQUE				Variador			
TIPO DE ACOPLA MOTOR -REDUCTOR				Acople			
EXTRUSORA DE PERFILERIA							
DESCRIPCION	V	SISTEMA	HP	FACTOR	fp	n	KW
MOTOR PRINCIPAL	440	3φ	60	0,746	0,85	0,895	44,76

**Tabla 4.** Ficha técnica de la extrusora de perfilera  
(<http://princesa1992.blogspot.com.co/2009/07/extrusion-de-plasticos.html>).

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Figura 6.** Extrusora de perfilería.

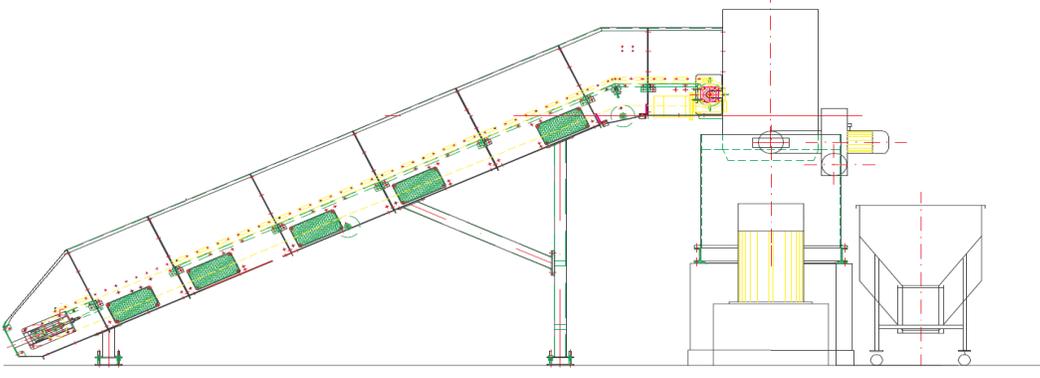
([http://www.selecsacatalogo.com/images/2009/variadores\\_de\\_velocidad/galerias/extrusoras/01.jpg](http://www.selecsacatalogo.com/images/2009/variadores_de_velocidad/galerias/extrusoras/01.jpg)).

La máquina de extrusión de perfilería ver **figura 6** consta de un motor de 45 kW (recuadro amarillo) controlado por un variador de velocidad a 440 voltios (recuadro azul) que rota un sistema de reducción de velocidad engranado a un eje metálico central con álabes helicoidales, llamado husillo o tornillo, instalado dentro de un cilindro metálico (cañón), revestido con una camisa calefactora de 5 zonas de resistencias eléctricas.

En un extremo del cilindro se encuentra un orificio de entrada para la materia prima donde se encuentra una tolva de forma cónica para la alimentación de la materia prima el operario debe estar verificando su nivel para que pueda hacer un buen lleno del molde, en el extremo barril del tornillo se ubica la salida del material además se hace el llenado de los perfiles con polímeros por medio de un sistema de bifurcación, en este proceso se ha extruido la mezcla PEBD, PEAD y PIGMENTOS, una vez finalizado el proceso de extrusión, el molde de perfilería es depositado en un tanque de enfriamiento por agua y por último es desmoldado.

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

### 3.2.5 FICHA TÉCNICA AGLUTINADORA.

AGLUTINADORA							
							
ESPECIFICACIONES							
VOLTAJE	440v 3 PH 60 HZ						
CORRIENTE DE PLACA MOTOR PRINCIPAL	234A						
MOTOR PRINCIPAL	200HP						
PRODUCCIÓN	400-500Kg						
RPM	1787						
FACTOR DE SERVICIO	1,15						
TIPO DE MOTOR	convencional						
POSICIÓN DE MONTAJE	m4						
TIPO DE FIJACIÓN	Flanche						
TIPO DE ARRANQUE	estrella delta						
RELACION DE TRANSMISION ENTRE POLEA CONDUCTORA Y CONDUCTIDA	1:1						
AGLUTINADORA							
DESCRIPCION	V	SISTEMA	HP	FACTOR	fp	n	KW
BANDA PULMON	440	3φ	0,9	0,746	0,57	0,75	0,67
BANDA DE CARGA	440	3φ	1,3	0,746	0,64	0,75	0,97
PISTON DESCARGA	440	3φ	0,9	0,746	0,57	0,75	0,67
ASPIRADORA VAPOR	440	3φ	1,5	0,746	0,8	0,695	1,12
BOMBA ACEITE	440	3φ	0,21	0,746	0,45	0,6	0,16
AGLUTINADORA	440	3φ	200	0,746	0,88	0,95	149,20
TORNILLO DESCARGA AGLUTINADO	440	3φ	1,2	0,746	0,74	0,8	0,90
Total							153,68

**Tabla 5.** Ficha técnica de la Aglutinadora (I03[1].006.000001 Layout impianto Model ).

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22



**Figura 7.** Aglutinadora (<http://www.costarelli.com/es/home-2/>).

La Aglutinadora es una máquina rotativa ver **figura 7** que posee un sistema de 6 cuchillas fijas y 2 móviles que rotan arrastrando la película plástica formando una masa reduciendo su volumen, por la fricción que generan las cuchillas con la pared de la máquina, esta calienta el plástico volviéndose viscoso exigiendo más fuerza al motor cuyo amperaje aumenta considerablemente, a su vez sube la temperatura de todo el sistema, el ciclo de calentamiento-enfriamiento es continuo para cada lote de plástico a aglutinar, para reducir la temperatura en el material y el amperaje en el motor principal se utiliza un control de amperaje que activa una electroválvula la cual adiciona agua. Después de un tiempo, el plástico se convierte en bolitas semejantes a una crispeta de maíz.

La máquina aglutinadora consta de los siguientes componentes ver **tabla 5**: motor trifásico a 440 voltios principal de 150 kW tiene una transmisión por poleas al eje del porta cuchillas, que se energiza por medio un arranque estrella delta, una Bomba de aceite de 0.16 kW la cual se encarga de lubricar los rodamientos del eje porta cuchillas, un motor de 0.97 kW banda de transporte el cual alimenta la aglutinadora, un motor de 0.7 kW para evacuar el material procesado por medio de un pistón de descarga, un aspirador de vapor de 1.5 kW el cual se encarga de extraer los vapores en el proceso de aglutinado y un motor de 1 kW que por medio de un tornillo separa el tamaño del aglutinado.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-22

### 3.3 MEDICIONES ENERGÉTICAS.

#### 3.3.1 Mediciones Directas:



**Figura 8.** Analizador de la energía Fluke 435 Serie II

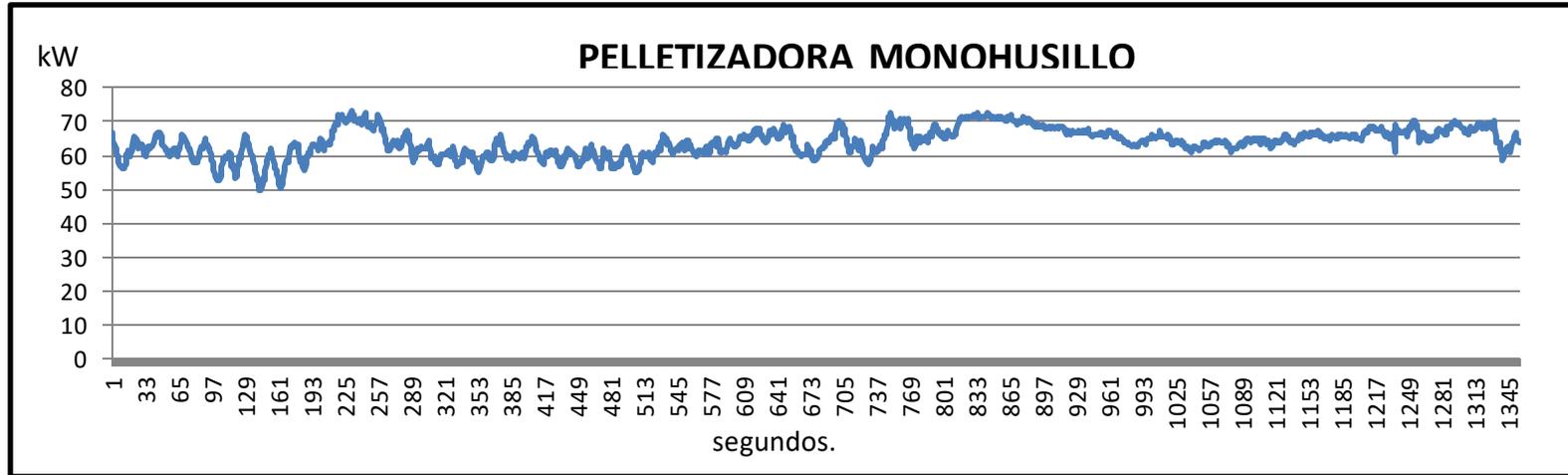
(<http://www.fluke.com/fluke/eses/medidores-de-calidad-de-la-energia-electrica/registradores-de-calidad-electrica/fluke-435-series-ii.htm?pid=73939>).

En la empresa SC RECYCLING S.A; Las mediciones realizadas de forma directa consistieron en medir el consumo energético de las máquinas con el analizador de la energía Fluke 435 Serie II ver **figura 8** está equipado con avanzadas funciones de calidad eléctrica. Se midió consumo energético durante 30 minutos aproximadamente y se realizaron gráficas de consumo energético en cada máquina donde se evidencian algunas gráficas con picos altos, picos bajos y mediciones constantes en el tiempo, más adelante se tomaron estas mediciones para dar la explicación de cada una de las gráficas de acuerdo a su comportamiento de consumo energético, la producción y las fichas técnicas.

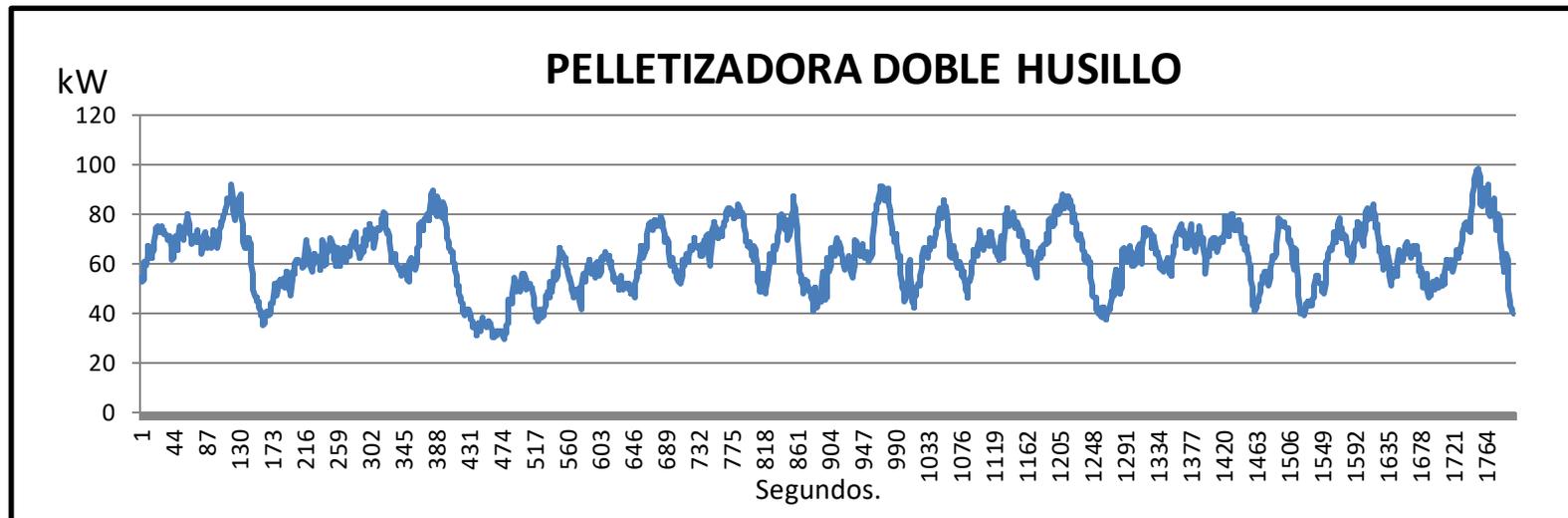
El consumo de energía de las máquinas en el tiempo se observa en las gráficas en la parte inferior del conteo de tiempo en segundos (eje x) respecto al consumo energético (eje y).

A continuación, se presentan 5 gráficas de las 5 máquinas a realizar las mediciones, en orden descendente:

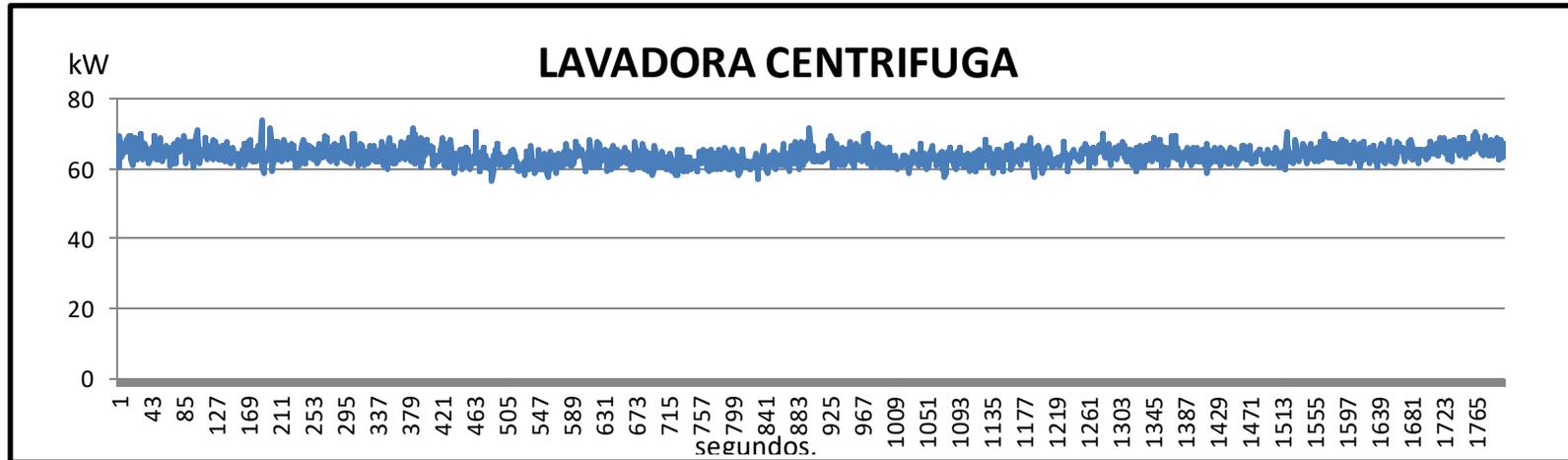
- Peletizadora Mono husillo.
- Peletizadora Doble husillo.
- Centrifuga de Lavado.
- Extrusora de Perfilería.
- Aglutinadora.



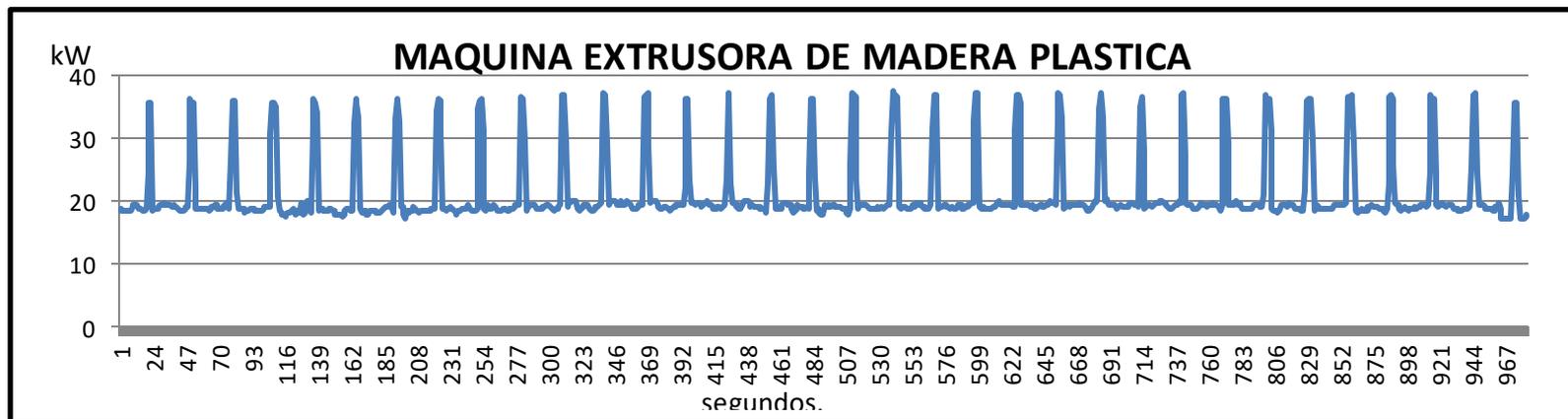
**Gráfica 1.** Medición directa peletizadora mono husillo con analizador de redes.



**Gráfica 2.** Medición directa peletizadora doble husillo con analizador de redes.

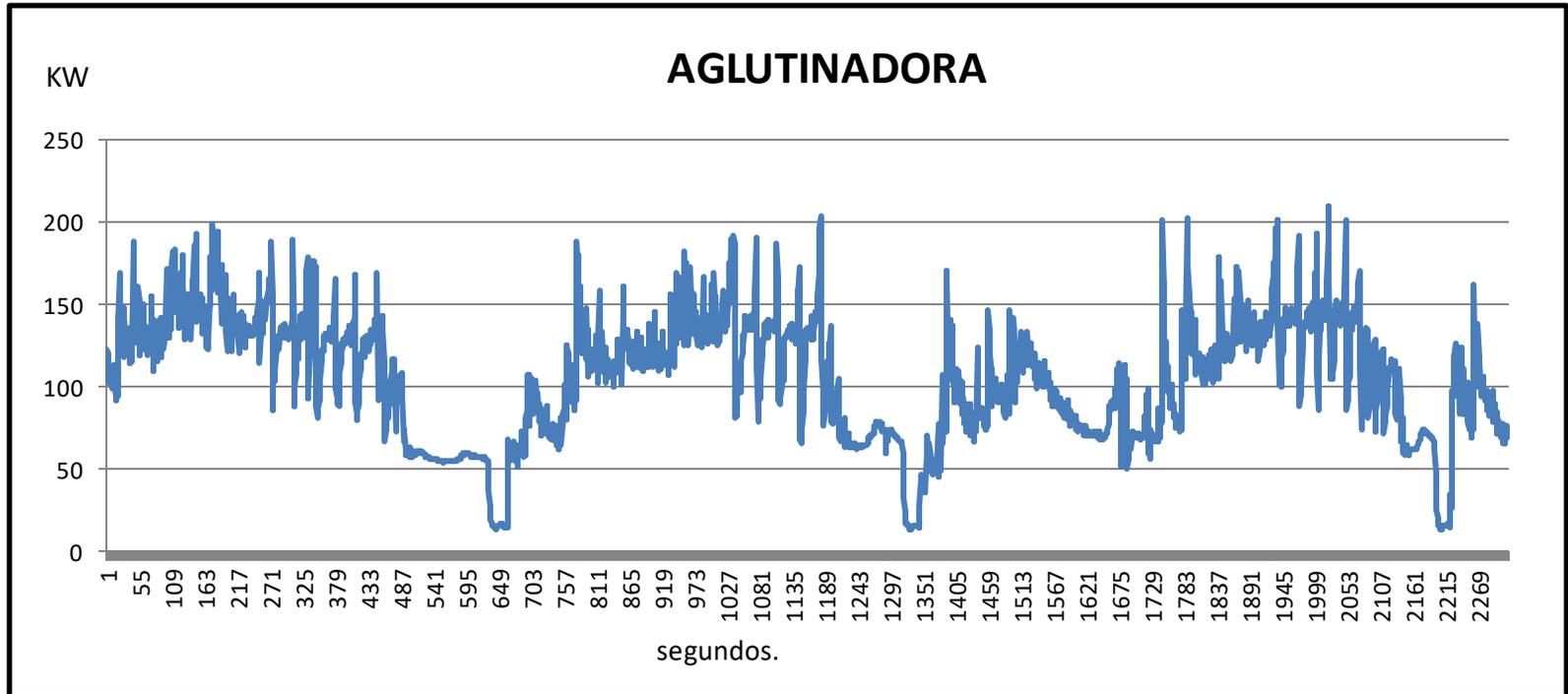


**Gráfica 3.** Medición directa Lavadora Centrifuga con analizador de redes.



**Gráfica 4.** Medición directa Extrusora de Perfilería con analizador de redes.

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



**Gráfica 5.** Medición directa aglutinadora con analizador de redes.

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

### 3.3.2 MEDICIONES INDIRECTAS:



**Figura 9.** Pinzas amperimétricas Fluke (<http://www.viditec.com.ar/fluke-302-em-esp.html>).

En la empresa SC RECYCLING SA, Las mediciones realizadas de forma indirecta consistieron en medir el consumo energético de las máquinas con la pinza amperimétrica fluke 322 digital la cual mide la corriente eléctrica AC.DC y 400 A ver **figura 9**.

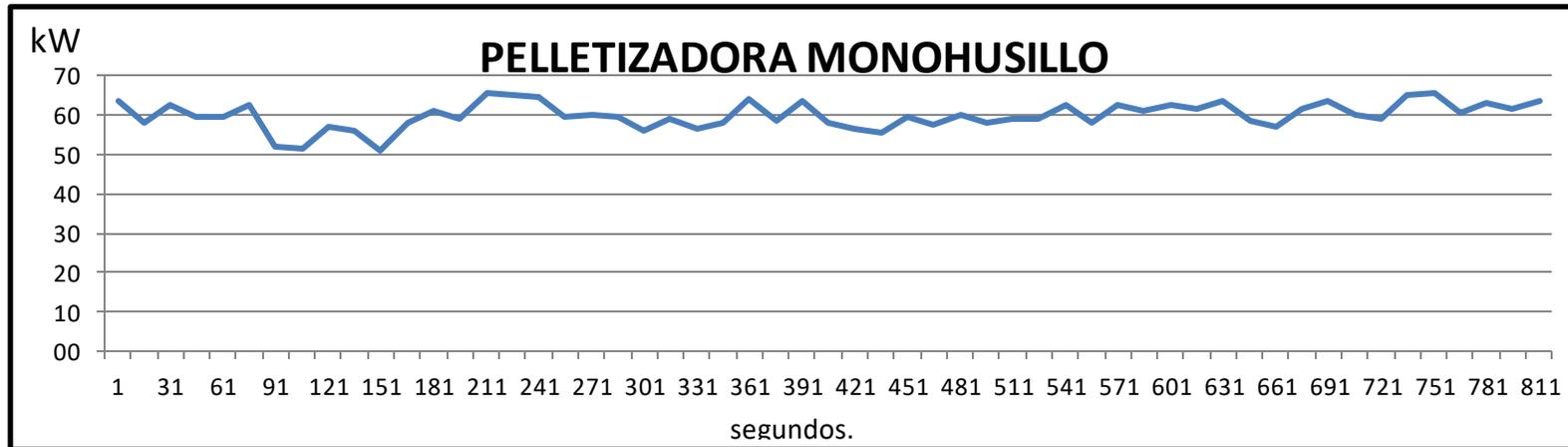
Las mediciones de corriente eléctrica fueron realizadas durante 15 minutos aproximadamente en intervalos de cada 15 segundos. El voltaje medido para las peletizadoras fue de 220 voltios y 440 voltios, para la centrifuga de lavado, extrusora de perfilera, y la aglutinadora.

Para calcular y graficar la potencia aparente se utilizó el  $\cos \Phi$  registrado por el analizador de redes ya que no se contaba con otro instrumento de medición.

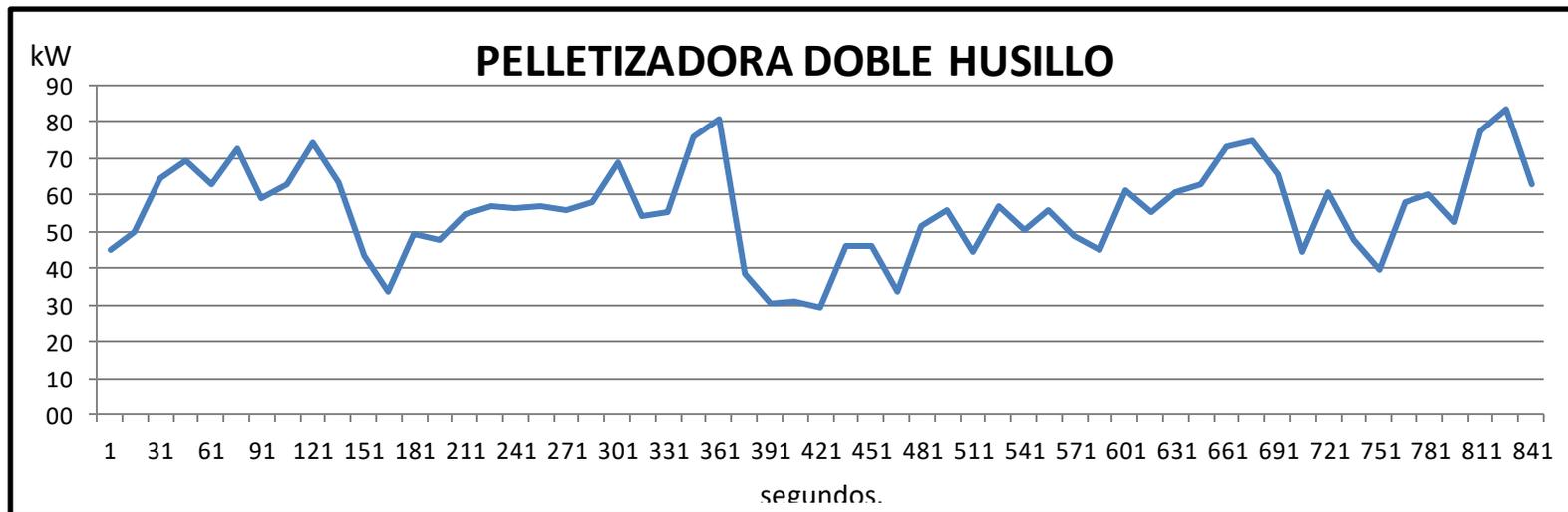
La fórmula de potencia aparente trifásica es:

$$p = \sqrt{3} * V * I * \cos\Phi \text{ (analizador de redes)}$$

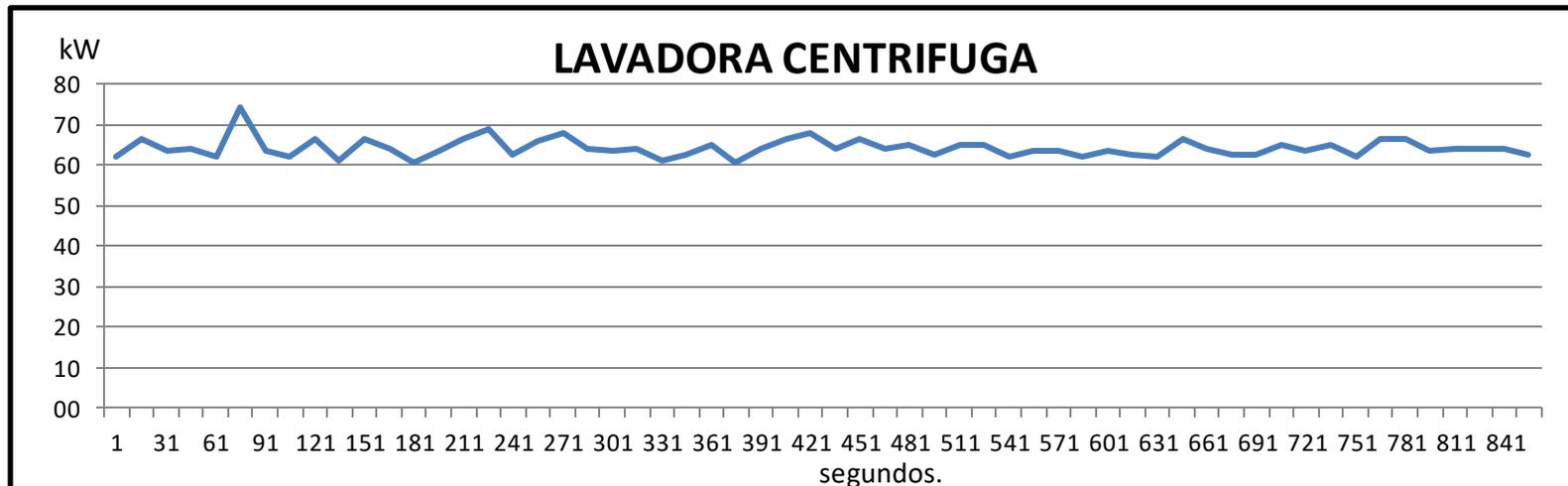
La potencia aparente o consumo de energía en el tiempo se observa en la parte inferior de las gráficas el conteo de tiempo en segundos (eje x) respecto al consumo energético (eje y).



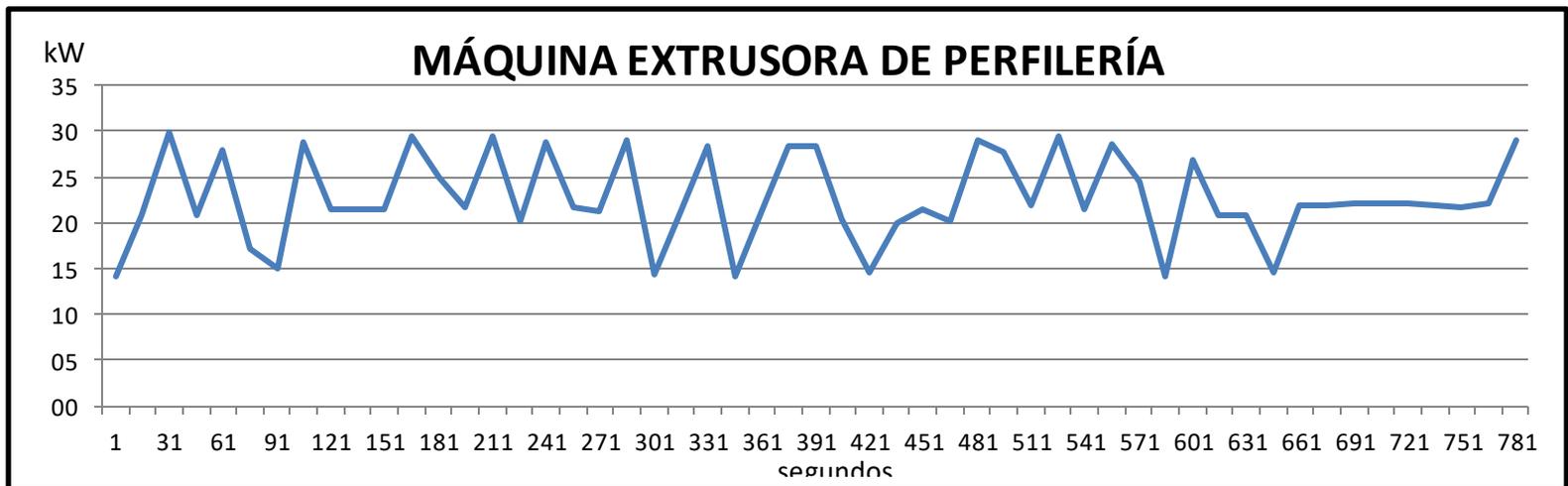
**Gráfica 6.** Medición indirecta peletizadora mono husillo con pinzas



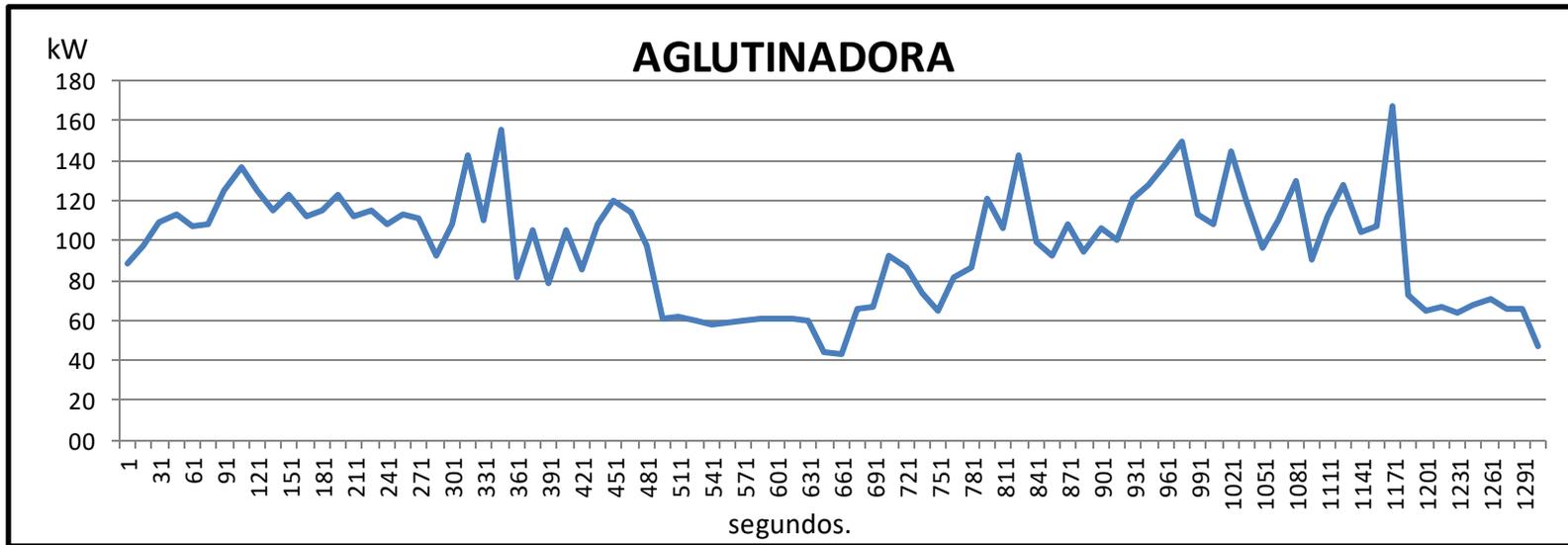
**Gráfica 7.** Medición indirecta peletizadora doble husillo con pinzas



Gráfica 8. Medición indirecta lavadora centrifuga con pinzas



Gráfica 9. Medición indirecta Extrusora de Perfilería con pinzas



**Gráfica 10.** Medición indirecta Aglutinadora con pinza

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

### 3.4 ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN.

#### 3.4.1 RELACIÓN DE MEDIDAS DIRECTAS VS INDIRECTAS

Se realizaron comparaciones donde se observan las gráficas realizadas por el analizador de redes Fluke (directas) durante 15 minutos continuas, y las gráficas de las mediciones realizadas por las pinzas (indirectas) fueron en intervalos de cada 15 segundos durante 15 minutos, Los picos generados en las gráficas no van a estar en el mismo tiempo porque las mediciones en las pinzas son datos registrados visualmente mientras los datos registrados por el analizador siempre van a ser constantes. A las gráficas (directas e indirectas) se les realizó la desviación estándar, el promedio, el cálculo de límites máximos y mínimos, así mismo realizar un análisis estadístico de cada una de las mediciones (directas e indirectas) con el fin de compararlas.

Se realizó el análisis de variación Anova que consiste en una técnica estadística diseñada para comparar la varianza de dos mediciones con el fin de ver si tienen similitudes.

Se obtuvo un resultado de viabilidad para medir con la pinza amperimétrica a cada máquina, teniendo como patrón de medición el analizador de redes para realizar trabajos futuros de acuerdo a la **tabla 6** condiciones Anova.

Si valor Probabilidad < alfa <u>rechazo</u> Ho
Si valor Probabilidad > alfa <u>acepto</u> Ho
Ho= $\mu A = \mu B$
Si "F" calculada < F tabulada no hay diferencia estadística significativa. (Acepto)
Si "F" calculada > F si hay diferencia estadística significativa. (Rechazo)
F" tabulada" (valor crítico para F).

**Tabla 6.** Condiciones Anova

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

### 3.4.1.1 Relación de medidas directas vs indirectas peletizadora mono husillo.

#### ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR EN LA PELETIZADORA MONO HUSILLO:

##### RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Desviación stand.	Min.	Max.
<b>POTENCIA CALCULADA Kw (pinzas)</b>	55	3298,66	59,98	11,14	3,34	56,64	63,31
<b>POTENCIA MEDIDA (analizador)</b>	819	50999,85	62,27	16,95	4,12	58,15	66,39

##### ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	271,51	1	271,51	16,36609644	5,684E-05	3,85214495
Dentro de los grupos	14466,46	872	16,59			
Total	14737,98	873				

F (calculada) 0.00005684 < F (tabulada) 0.05	<b>rechazada</b> para la medición con las pinzas amperimétricas de acuerdo <b>tabla 6</b>
--	---

**Tabla 7.** Análisis de varianza peletizadora mono husillo

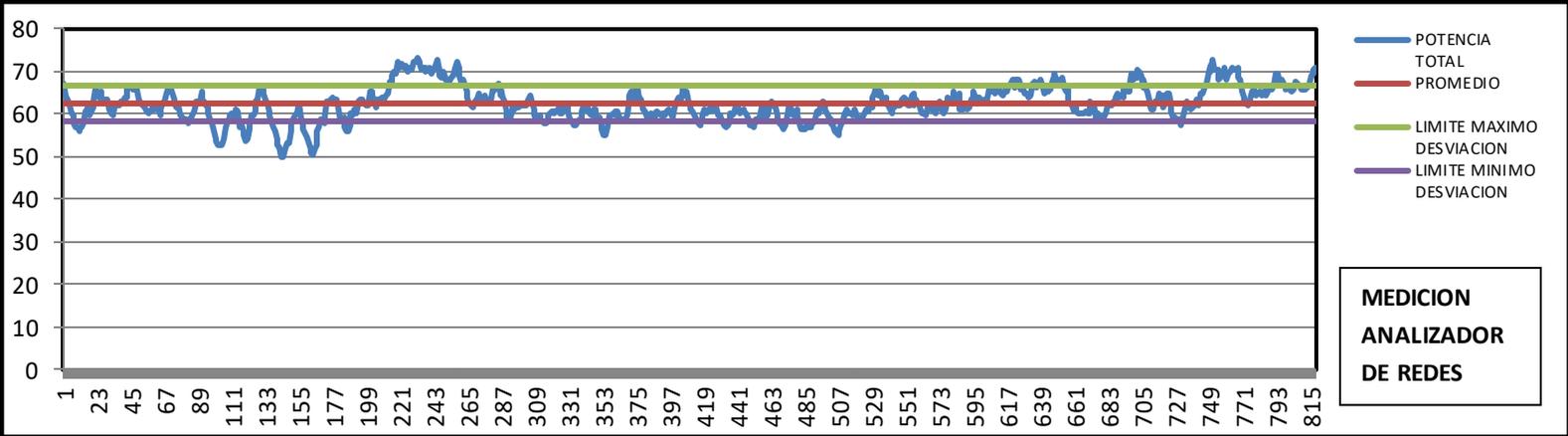
Analizando la **tabla 7** de variabilidad Anova se puede observar que no cumple con las condiciones para medir el consumo energético en la peletizadora mono husillo con las pinzas amperimétricas de acuerdo a la **tabla 6** de condiciones de varianza

Para la máquina peletizadora mono husillo se observa en la **gráfica 11 y 12** que la medición realizada con el analizador de redes el tiempo fue de 1275 segundos y con las pinzas fueron realizadas durante 811 segundos.

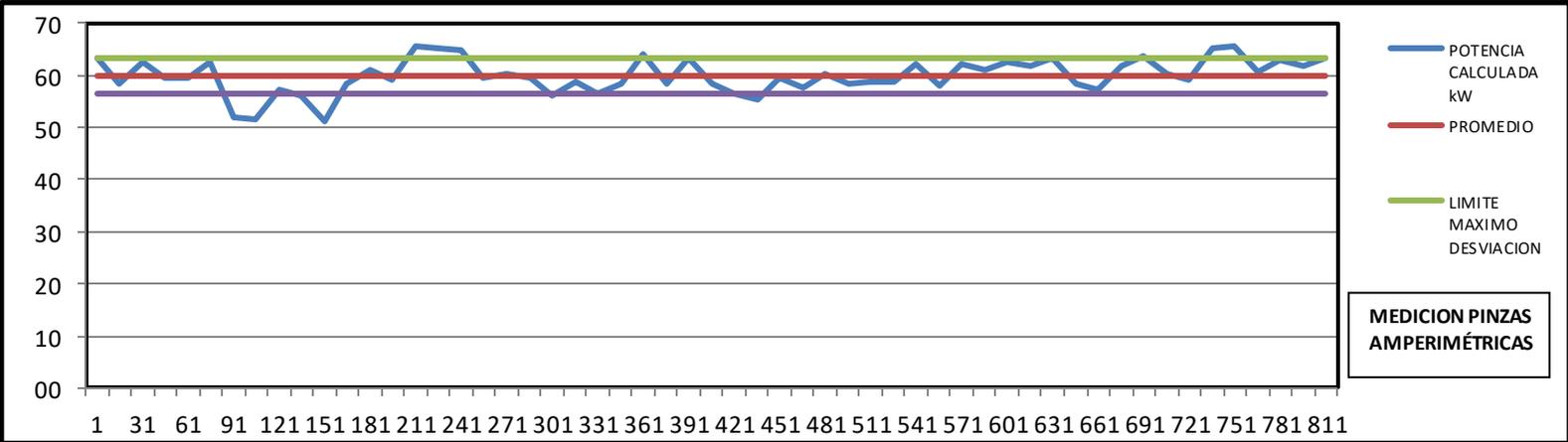
El promedio de consumo energético durante la medición registrada por el medidor es de 62 kW y las pinzas es 60 kW la diferencia de consumo energético es de 2kW.

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

**GRÁFICAS DE CONSUMO ENERGETICO PELETIZADORA MONO HUSILLO:**



**Gráfica 11.** Medición directa peletizadora mono husillo con analizador de redes, desviación estándar y promedio.



**Gráfica 12.** Medición indirecta peletizadora mono husillo con pinzas, desviación estándar y promedio.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

### 3.4.1.2 Relación de medidas directas vs indirectas peletizadora doble husillo.

#### ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR PELETIZADORA DOBLE HUSILLO:

##### RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Desv. stand.	Min.	Max.
POTENCIA CALCULADA kW (pinzas)	57	3176,72	55,73	162,56	12,75	42,98	68,48
POTENCIA MEDIDA (analizador)	849	52097,43	61,36	174,30	13,20	48,16	74,57

##### ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	1693,91	1	1693,91	9,759339	0,001841	3,851765928
Dentro de los grupos	156905,93	904	173,57			
Total	158599,84	905				
F (calculada) 0.001841 < F (tabulada) 0.05				<b>rechazada</b> para la medición con las pinzas amperimétricas de acuerdo <b>tabla 6</b>		

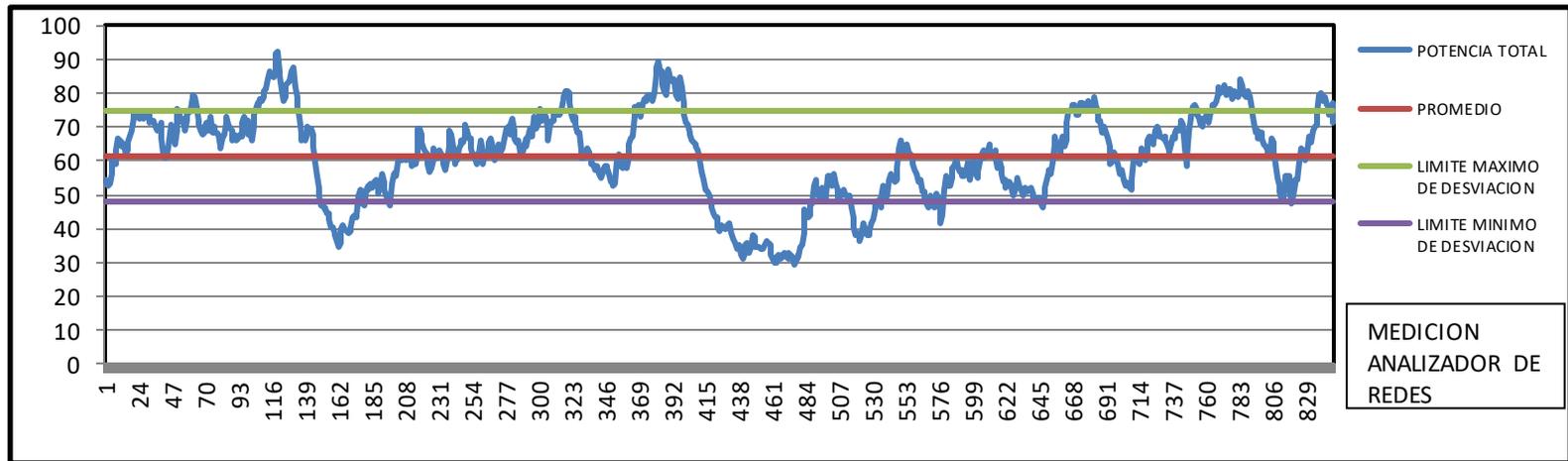
**Tabla 8.** Análisis de varianza peletizadora doble husillo

Analizando la **tabla 8** de variabilidad Anova se puede observar que no cumple con las condiciones para medir el consumo energético en la peletizadora doble husillo con las pinzas amperimétricas acuerdo a la **tabla 6** de condiciones de varianza.

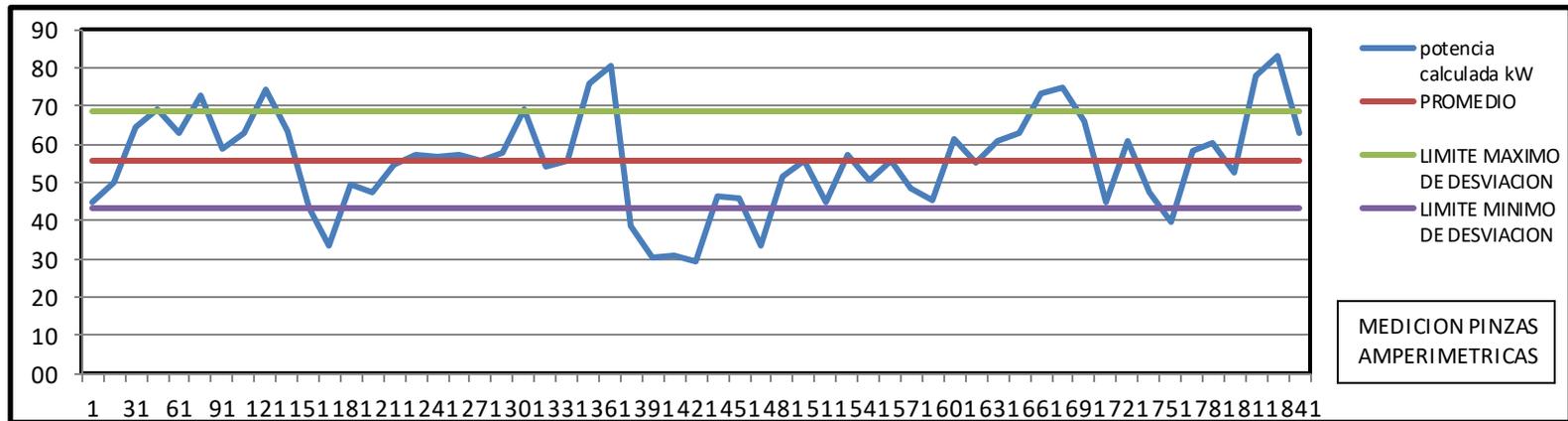
Para la máquina peletizadora doble husillo se observa en la **gráfica 13 y 14** que la medición realizada con el analizador de redes el tiempo fue de a 829 segundos y con las pinzas fueron realizadas durante a 841 segundos, para el analizador.

El promedio de consumo energético durante la medición registrada por el medidor es de 61 kW y las pinzas es 56 kW la diferencia de consumo energético es de 5kW.

**GRÁFICAS DE CONSUMO ENERGETICO PELETIZADORA DOBLE HUSILLO:**



**Gráfica 13.** Medición directa peletizadora doble husillo con analizador de redes, desviación estándar y promedio.



**Gráfica 14.** Medición indirecta peletizadora doble husillo con pinzas, desviación estándar y promedio.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

### 3.4.1.1 Relación de medidas directas vs indirectas centrifuga de lavado.

ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR CENTRIFUGA DE LAVADO:

#### RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Desv. Stand.	Min.	Max.
POTENCIA CALCULADA Kw (pinzas)	58	3720,96	64,15	5,27	2,30	61,86	66,45
POTENCIA MEDIDA (analizador)	859	54681,4	63,66	6,40	2,53	61,13	66,19

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	13,45	1	13,45	2,12531477	0,14522614	3,851641774
Dentro de los grupos	5788,91	915	6,33			
Total	5802,35	916				

F (calculada) 0.14 > F (tabulada) 0.05	<b>aprobada</b> para la medición con las pinzas amperimétricas de acuerdo <b>tabla 6</b>
--	--

**Tabla 9.** Análisis de varianza de centrifuga de lavado

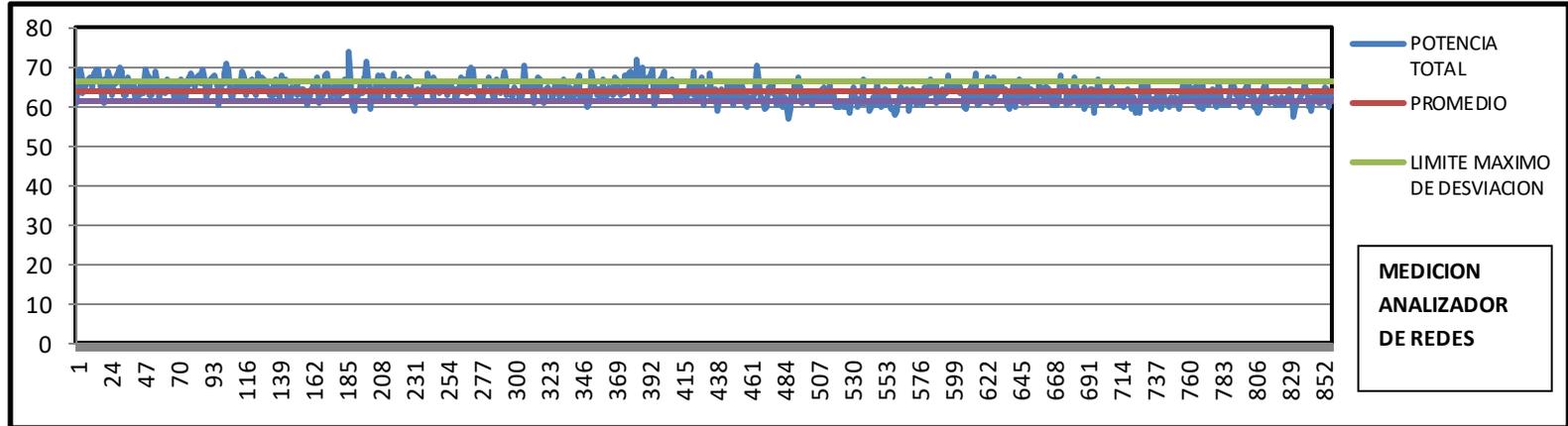
Analizando la **tabla 9** de variabilidad Anova se puede observar que cumple con las condiciones para medir el consumo energético en la centrifuga de lavado con las pinzas amperimétricas de acuerdo a la **tabla 6** de condiciones de varianza.

Para la máquina centrifuga de lavado se observa en la **gráfica 15 y 16** que la medición realizada con el analizador de redes los tiempos fueron constantes con pocas variaciones, la del analizador fue continua cada segundo.

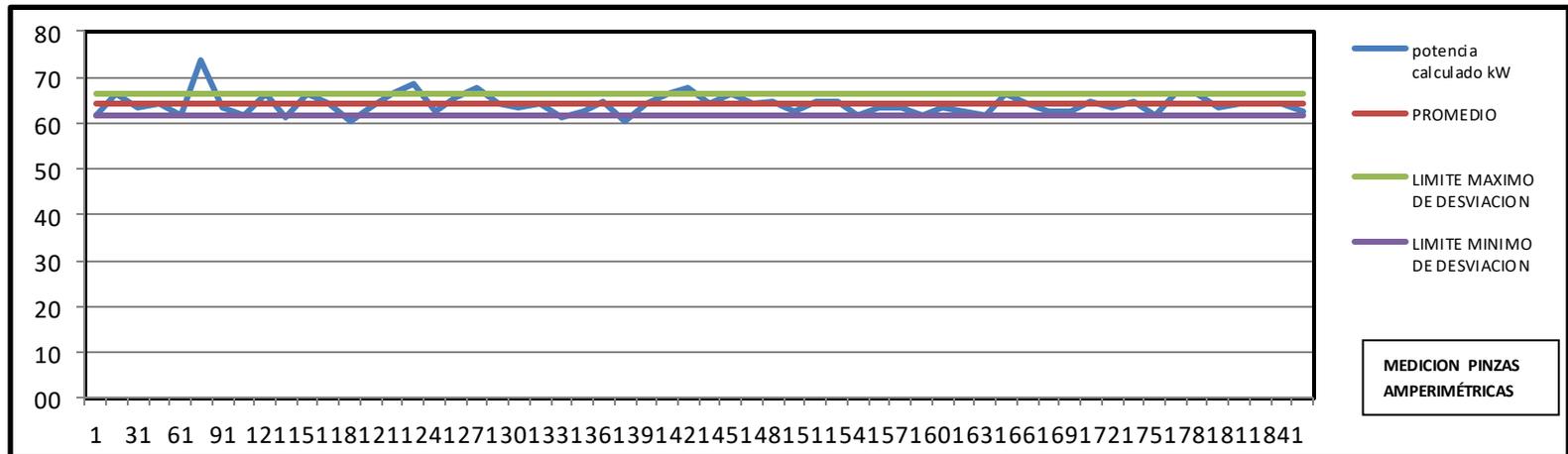
El promedio de consumo energético durante la medición registrada por el medidor es de 64 kW y las pinzas es 63 kW la diferencia de consumo energético es de 1kW.

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

**GRÁFICAS DE CONSUMO ENERGETICO MÁQUINA CENTRIFUGA DE LAVADO:**



**Gráfica 15.** Medición directa centrifuga de lavado con pinzas, desviación estándar y promedio.



**Gráfica 16.** Medición indirecta centrifuga de lavado con analizador de redes, desviación estándar y promedio.

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

### 3.4.1.2 Relación de medidas directas vs indirectas extrusora de perfilería.

ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR EXTRUSORA DE PERFILERÍA:

#### RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Desv. Stand.	min	max
POTENCIA CALCULADA kW (pinzas)	53	1202,52	22,69	22,24	4,72	17,97	27,41
POTENCIA MEDIDA (analizador)	784	16631,6	21,21	29,05	5,39	15,82	26,60

#### ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	108,04	1	108,04	3,77471168	0,052368678	3,852619487
Dentro de los grupos	23900,20	835	28,62			
Total	24008,24	836				
F (calculada) 0.05236 > F (tabulada) 0.05				<b>aprobada</b> para la medición con las pinzas amperimétricas de acuerdo <b>tabla 6</b>		

**Tabla 10.** Análisis de varianza de Extrusora de Perfilería.

Analizando la **tabla 10** de variabilidad Anova se puede observar que cumple con las condiciones para medir el consumo energético en la extrusora de perfilería con las pinzas amperimétricas acuerdo a la **tabla 6** de condiciones de varianza.

Para la máquina extrusora de perfilería se observa en la **gráfica 17 y 18** que la medición realizada con el analizador de redes el tiempo fue de a 771 segundos y con las pinzas fueron realizadas durante 781 segundos, para el analizador.

El promedio de consumo energético durante la medición registrada por el medidor es de 21 kW y las pinzas es 23 kW la diferencia de consumo energético es de 2kW.

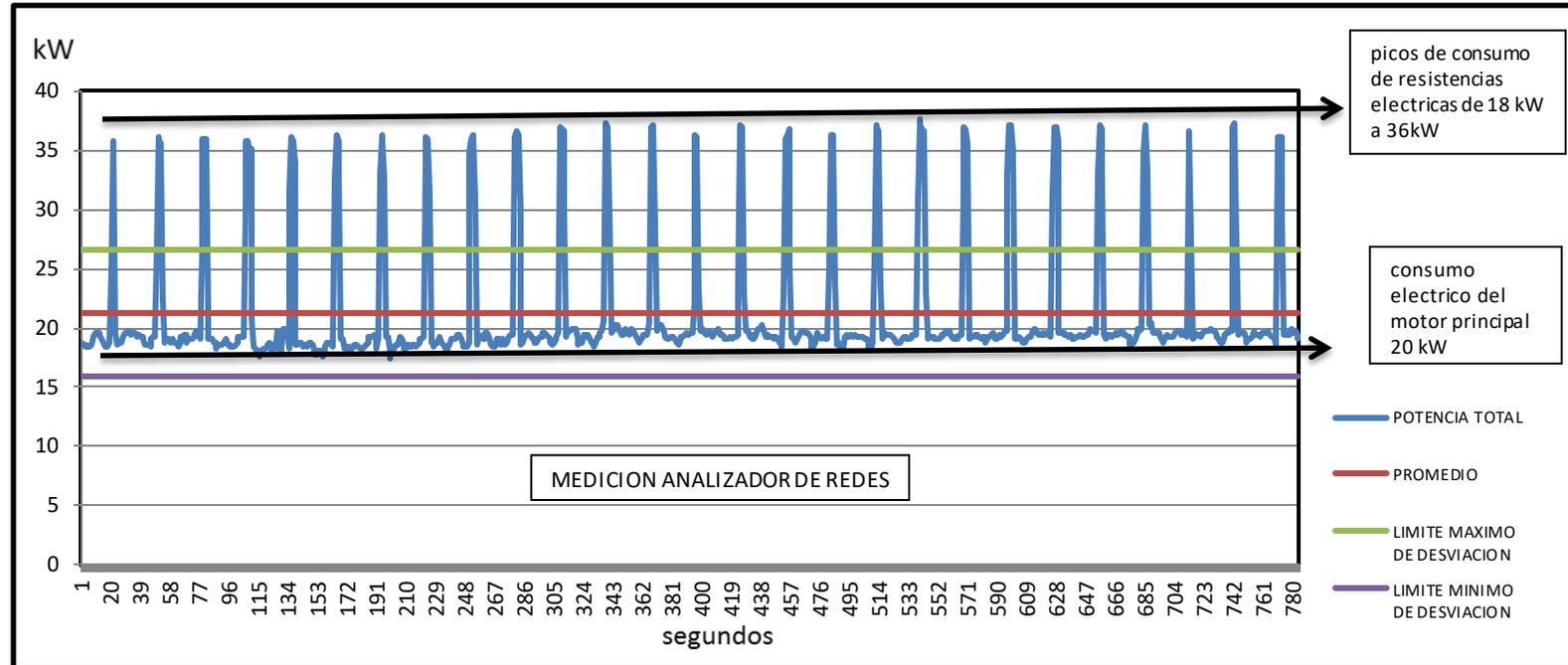
La máquina extrusora de perfilería costa de 6 zonas de resistencias que son controlados por 6 controles de temperatura análogo/digital los set-point de cada controlador es análogo mientras que las pantallas son digitales, la diferencia de los controles digitales/digitales es que son más precisos y además tiene parámetros de programación que van más allá de sobrepasar un valor de medida un ejemplo sería que la resistencia

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

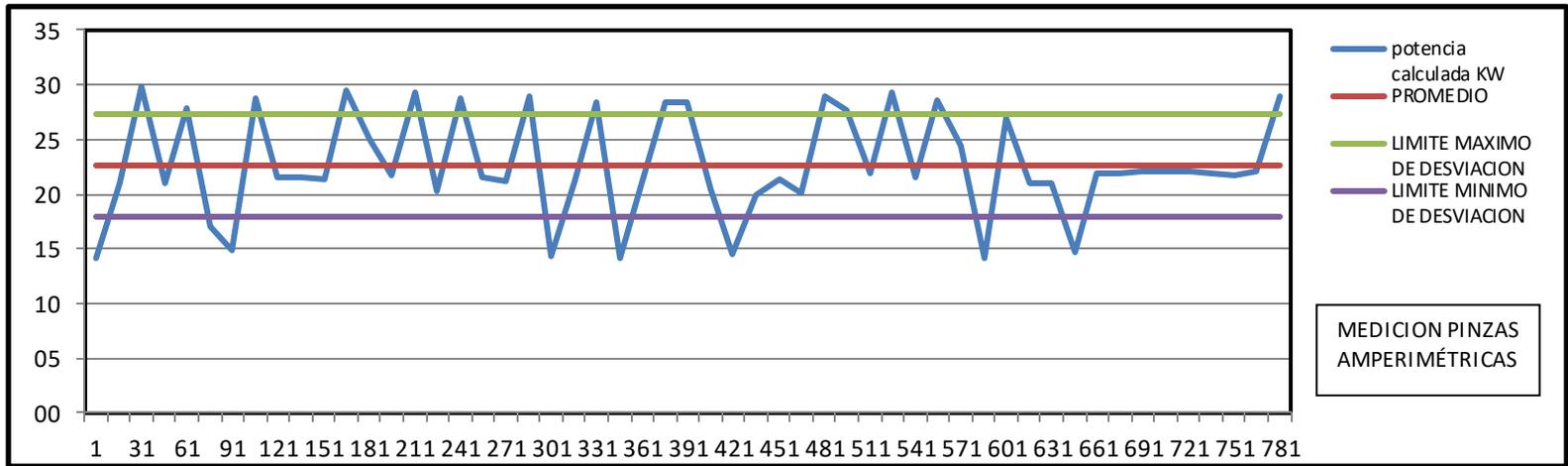
sobrepasa al set-point y esta no vuelve ser energizada hasta que disminuya 10°C por debajo del valor establecido en el controlador.

El consumo energético en cargas resistiva no varían en tiempo por esto se evidenció en la **gráfica 17** del analizador de redes el valor de 18 kW constante que es el consumo del motor principal, y cuando el controlador energiza un carga resistiva aumenta proporcionalmente el consumo energético hasta llegar alrededor de 36 kW. Durante la medición se evidencia que solo entra una zona de calentamiento por que las demás habían alcanzado el set-point en el controlador de temperatura.

**GRÁFICA CONSUMO ENERGÉTICO EXTRUSORA DE PERFILERÍA:**



**Gráfica 17.** Medición directa Extrusora de perfilería con analizador de redes, desviación estándar y promedio.



**Gráfica 18.** Medición indirecta Extrusora de Perfilería con pinzas, desviación estándar y promedio.

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

### 3.4.1.3 Relación de medidas directas vs indirectas aglutinadora.

#### ANÁLISIS DE VARIANZA DE UN FACTOR AGLUTINADORA:

##### RESUMEN

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza	Desv. Stand.	Min.	Max.
POTENCIA CALCULADA Kw (pinzas)	88	8593,68	97,66	774,06	27,82	69,83	125,48
POTENCIA MEDIDA (analizador)	1309	145839,78	111,41	1418,87	37,67	73,75	149,08

##### ANÁLISIS DE VARIANZA

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	15606,82	1	15606,82	11,320291	0,000787456	3,848133451
Dentro de los grupos	1923229,71	1395	1378,66			
Total	1938836,53	1396				

F (calculada) 0.00078748564 > F (tabulada) 0.05 **rechazada** para la medición con las pinzas amperimétricas de acuerdo **tabla 6**

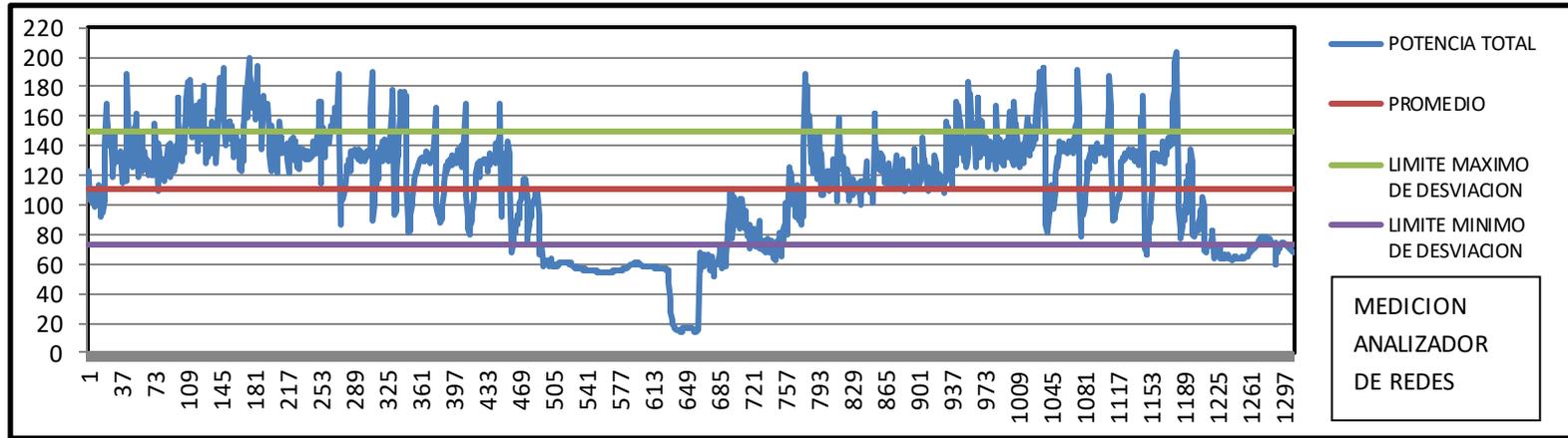
**Tabla 11** Análisis de varianza de Aglutinadora.

Analizando la **tabla 11** de variabilidad Anova se puede observar que no cumple con las condiciones para medir el consumo energético en la aglutinadora con las pinzas amperimétricas acuerdo a la **tabla 6** de condiciones de varianza.

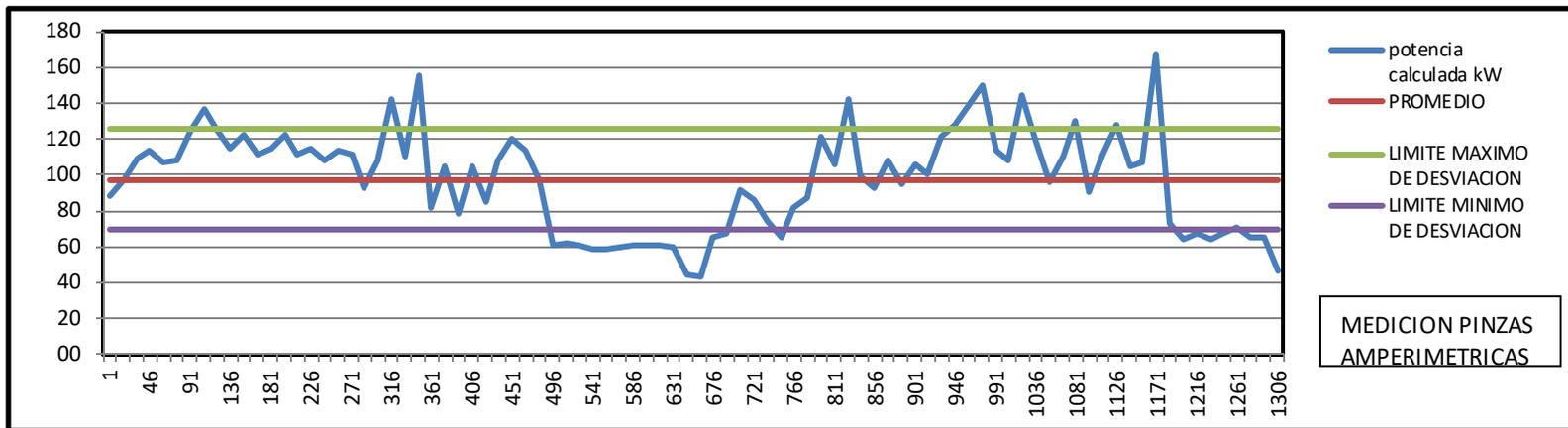
Para la máquina aglutinadora se observa en la **gráficas 19 y 20** que la medición realizada con el analizador de redes el tiempo fue de a 1297 segundos y con las pinzas fueron realizadas durante 1306 segundos, para el analizador.

El promedio de consumo energético durante la medición registrada por el medidor es de 111 kW y las pinzas es 98 kW la diferencia de consumo energético es de 14kW.

**GRÁFICA DE CONSUMO ENERGÉTICO AGLUTINADORA:**



**Gráfica 19.** Medición directa Aglutinadora con analizador de redes, desviación estándar y promedio



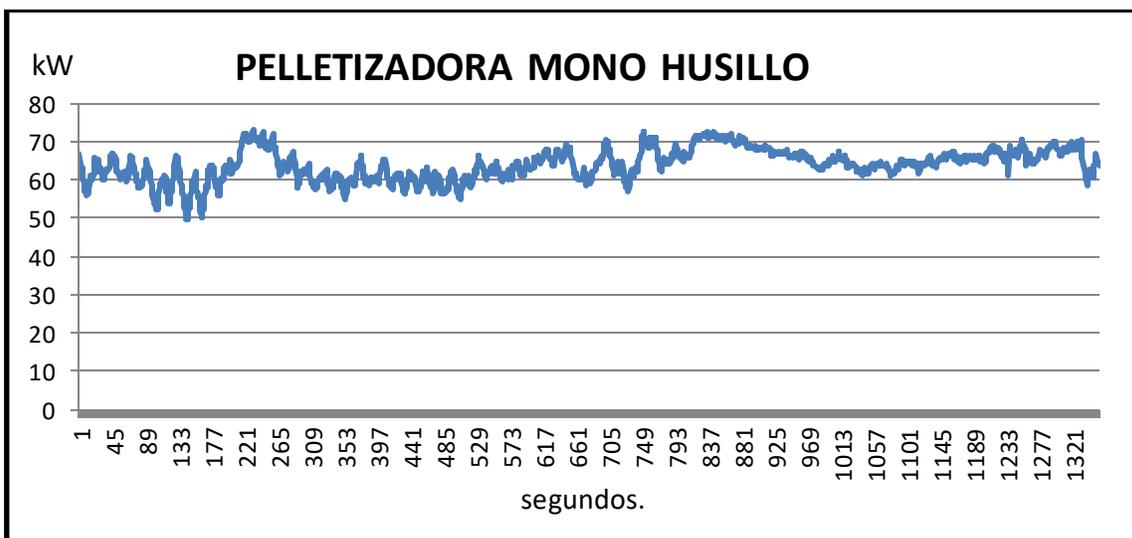
**Gráfica 20.** Medición indirecta Aglutinadora con pinzas, desviación estándar y promedio.

### 3.4.2 RELACIÓN DE CONSUMO ENERGÉTICO CON LA PRODUCCIÓN.

Las gráficas de consumo energético realizadas con el analizador de redes fluke se comparan con la cantidad de material procesado durante la medición, y a su vez comparan estas con la máxima producción del día en el año 2016 en cada una de las máquinas; la peletizadora mono husillo, la peletizadora doble husillo, la extrusora de perfilería, la aglutinadora, y la centrifuga de lavado.

Con toda la anterior información se busca calcular la eficiencia energética y la capacidad operativa en cada una de la maquinas antes mencionadas.

#### 3.4.2.1 Relación de consumo energético vs producción peletizadora mono husillo.



**Gráfica 21.** Medición directa de la peletizadora mono husillo.

<b>MEDICION DE PRODUCCION:</b>		
Mezcla de Polietileno de baja 60% y polipropileno 40%		
ITEM	Tiempo (min)	PESO (Kg)
1	15	48
2	15	62
3	15	58
4	15	53
<b>Total producido</b>		<b>221 kg/h</b>

**Tabla 12.** Medición de Producción peletizadora mono husillo.

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

AGLUTINADORA		PELETIZADORA MONOHUSILLO		PELETIZADORA DOBLEHUSILLO		EXTRUSORA DE PERFLERÍA	
Día	Aglutinado Kg	Día	Peletizado Kg	Día	Aglutinado Kg	Día	Extruido Kg
1	3425	1	1825	1	2800	1	0
2	0	2	0	2	0	2	0
3	0	3	0	3	0	3	0
4	0	4	0	4	0	4	0
5	1200	5	500	5	600	5	0
6	6250	6	5575	6	4900	6	355
7	7175	7	3725	7	3125	7	472,5
8	8000	8	3650	8	1300	8	365
9	6625	9	3675	9	2950	9	300
10	7675	10	4875	10	4750	10	355
11	4375	11	2775	11	2425	11	287,5
12	0	12	0	12	350	12	0
13	1825	13	0	13	5450	13	0
14	7800	14	1875	14	3100	14	169,1
15	6750	15	3950	15	2850	15	456,4
16	7150	16	3700	16	5425	16	531,6
17	6150	17	4550	17	3200	17	242
18	3350	18	1175	18	2050	18	175
19	1500	19	0	19	700	19	0
20	5925	20	0	20	1400	20	334,8
21	6875	21	3075	21	0	21	372,5
22	4150	22	2100	22	4325	22	218,8
23	5050	23	3725	23	4425	23	446,6
24	0	24	4800	24	4425	24	316,3
25	0	25	2500	25	1900	25	311,1
26	0	26	1175	26	1075	26	0
27	800	27	4400	27	2850	27	486,2
28	7825	28	3675	28	2275	28	355
29	8025	29	3700	29	3650	29	451,2
30	12575	30	7200	30	5650	30	227,1
109875		67300		68650		6550,4	
TOTAL		TOTAL		TOTAL		TOTAL	

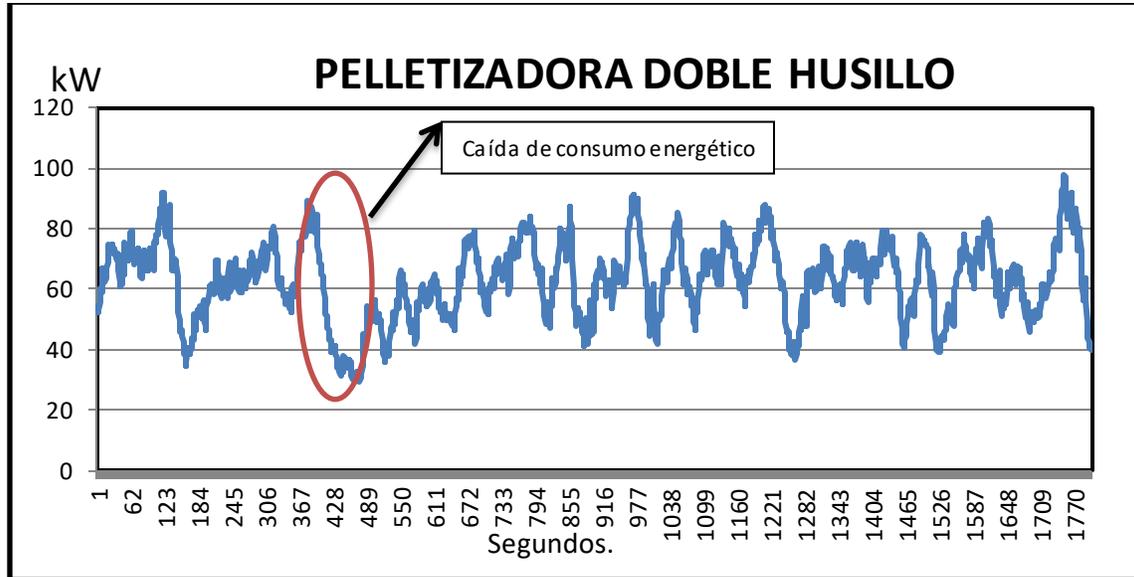
TOTAL PRODUCTO TERMINADO MES DE ABRIL
252375

**Tabla 13.** Tabla producción mes de abril.

Durante la medición del analizador de redes en la Peletizadora mono husillo se registraron 4 mediciones de producción en intervalos de 15 minutos, esta procesó 221 kg/h de Polietileno de baja 60% y Polipropileno 40%, se puede visualizar en la **tabla 13**; de acuerdo a la ficha técnica esta máquina tiene la capacidad de producir 300 kg/h ver **tabla 1**; se calcula que la máquina está en una capacidad operativa del 73%.

Haciendo la comparación de la ficha técnica 300 kg/h ver **tabla 1**, con el máximo rendimiento diario de la máquina 5575 kg/día o 232 kg/h registrado en la **tabla 14**; se evidencia una máxima operatividad del 77 %.

### 3.4.2.2 Relación de consumo energético vs producción peletizadora doble husillo.



**Gráfica 22.** Medición directa peletizadora doble husillo.

<b>MEDICION DE PRODUCCION:</b>		
Mezcla de Polietileno de baja policolor (guantelete) 65% y Polietileno de baja 25% y stretch sucio 10 %		
ITEM	Tiempo (min.)	PESO (Kg)
1	15	65
2	15	80
3	15	52.5
4	15	72.5
Total producido 270 kg/h		

**Tabla 14.** Medición de Producción peletizadora doble husillo.

 <b>RENDIMIENTO DIARIO DE MAQUINAS FEBRERO</b>							
AGLUTINADORA		PELETIZADORA MONOHUSILLO		PELETIZADORA DOBLE HUSILLO		EXTRUSORA DE PERFLERÍA	
Día	Aglutinado Kg	Día	Peletizado Kg	Día	Peletizado Kg	Día	Extruido Kg
1	0	1	0	1	0	1	0
2	7200	2	975	2	2350	2	0
3	6150	3	3775	3	0	3	266,8
4	7675	4	3800	4	1675	4	269,2
5	7350	5	2200	5	3575	5	313,2
6	7125	6	2400	6	0	6	235,6
7	2300	7	2325	7	0	7	149,4
8	0	8	700	8	1775	8	0
9	75	9	4175	9	2875	9	231,2
10	0	10	5150	10	9900	10	343,8
11	2925	11	3300	11	2950	11	281,6
12	7900	12	4475	12	1650	12	327,8
13	5600	13	4200	13	5825	13	0
14	2375	14	250	14	5450	14	184,6
15	7725	15	50	15	2250	15	0
16	7550	16	0	16	5700	16	184,8
17	8125	17	2900	17	1600	17	110
18	6775	18	4150	18	1850	18	315,5
19	7025	19	3925	19	2025	19	243,1
20	6650	20	3550	20	12575	20	265,2
21	4375	21	2225	21	2925	21	317,9
22	6425	22	375	22	2200	22	0
23	6775	23	175	23	575	23	265,2
24	6475	24	4250	24	2275	24	261,8
25	7525	25	4275	25	3425	25	288
26	8725	26	4575	26	5375	26	369
27	6650	27	4100	27	3425	27	192
28	5575	28	4050	28	9475	28	166,4
153050		76325		94600		5582,1	
<b>TOTAL</b>		<b>TOTAL</b>		<b>TOTAL</b>		<b>TOTAL</b>	

<b>TOTAL (Kg) PRODUCTO TERMINADO MES DE FEBRERO</b> <b>329557</b>
--

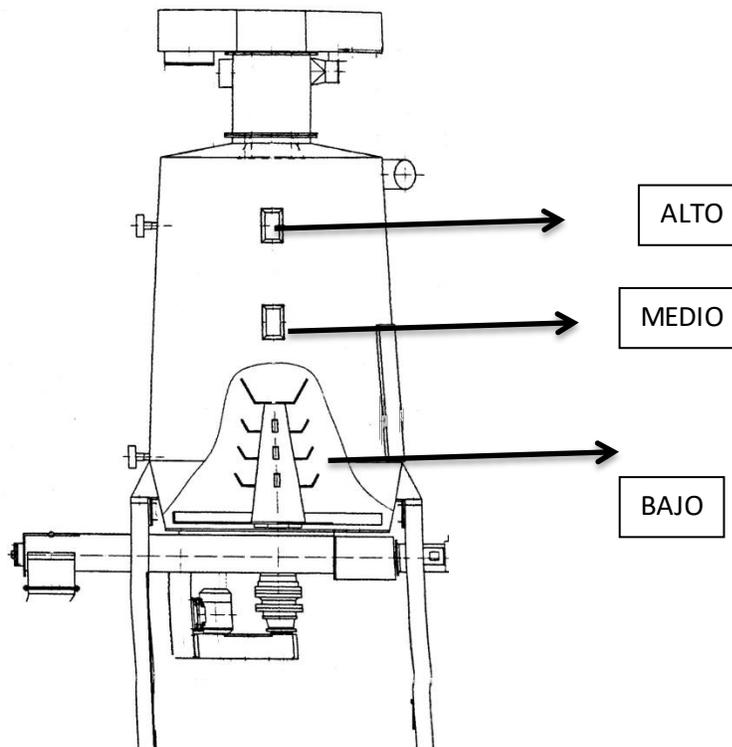
**Tabla 15.** Tabla producción mes de febrero

Durante la medición del analizador de redes en la Peletizadora doble husillo se registraron 4 mediciones de producción en intervalos de 15 minutos, esta procesó 270 kg/h del material. Polietileno de baja policolor “guantelete” 65% y Polietileno de baja 25% y stretch sucio 10 % registrados en la **tabla 14**; de acuerdo a la ficha técnica esta máquina tiene la capacidad de producir 500 kg/h ver **tabla 2**; se calcula que la máquina está en una capacidad operativa del 54%.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Haciendo la comparación de la ficha técnica 500 kg/h ver **tabla 2**, con el máximo rendimiento diario de la máquina 12575 kg/día o 523 kg/h registrado en la **tabla 15**; se evidencia una máxima operatividad del 104 %.

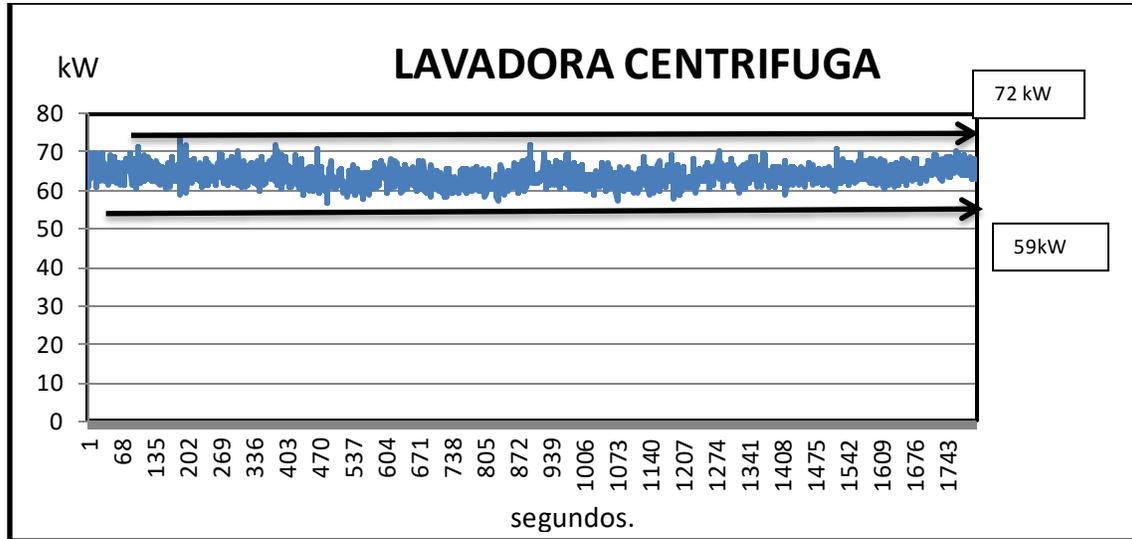
La lavadora y centrifuga son los encargados de suministrar la materia prima lavada y secada al silo agitador que alimenta la peletizadora doble husillo. Este silo consta de tres niveles alto, medio y bajo, como se indica en la **Figura 10**, al momento de la medición se encontraba en el nivel bajo, esto significa que hay un bache donde se encuentra el tornillo alimentador y por esto el flujo de alimentación no es constante en el tiempo para el tornillo alimentador crammer que abastece al husillo y esto es lo que repercute en los picos de consumo energético.



**Figura 10.** Silo agitador (planos de la maquina).

En el periodo transcurrido entre el segundo 367 hasta el 460 **gráfica 22** (círculo rojo) el silo de almacenamiento estaba totalmente vacío y el operario decide apagar el tornillo alimentador y evacuar el material para cambio de malla en el sistema de filtración y vuelve a iniciar el proceso en el segundos 460 para dar continuidad al proceso a partir de este tiempo el silo no está lleno en su totalidad por lo que se pueden observar varias caídas de consumo energético.

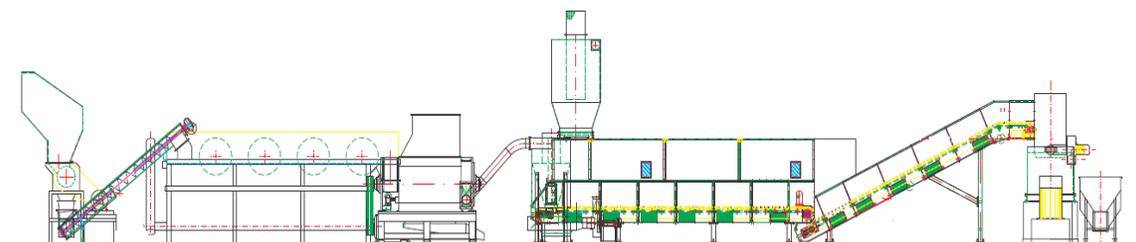
### 3.4.2.3 Relación de consumo energético vs producción centrífuga de lavado.



**Gráfica 23.** Medición directa de la lavadora centrífuga.

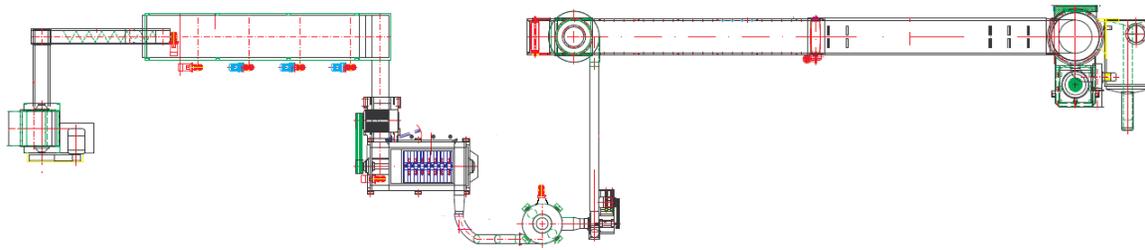
La centrífuga horizontal es una máquina que logra un alto rendimiento en términos de calidad de la limpieza y secado de plástico. La acción del secado es a través de la fuerza centrífuga desarrollada por un rotor con cuchillas dentro de una cesta perforada, el rotor con cuchillas da golpes al material contra las paredes de la cesta esto permite la eliminación de agua y de las últimas impurezas restantes, al mismo tiempo permite el avance horizontal de la materia prima.

Una característica técnica importante de la cesta perforada es su forma octogonal, que permite un mayor aleteo del material que está siendo procesado y por lo tanto una mejor limpieza; esto, combinado con una alta superficie de trabajo y la acción de la fuerza centrífuga, garantiza un rendimiento excepcional y un bajo consumo de energía.



**Figura 11.** Línea de lavado y centrifugado abasteciendo a la aglutinadora ((<http://www.ovest.it/mpe/fotok2001/costarelli.htm>)).

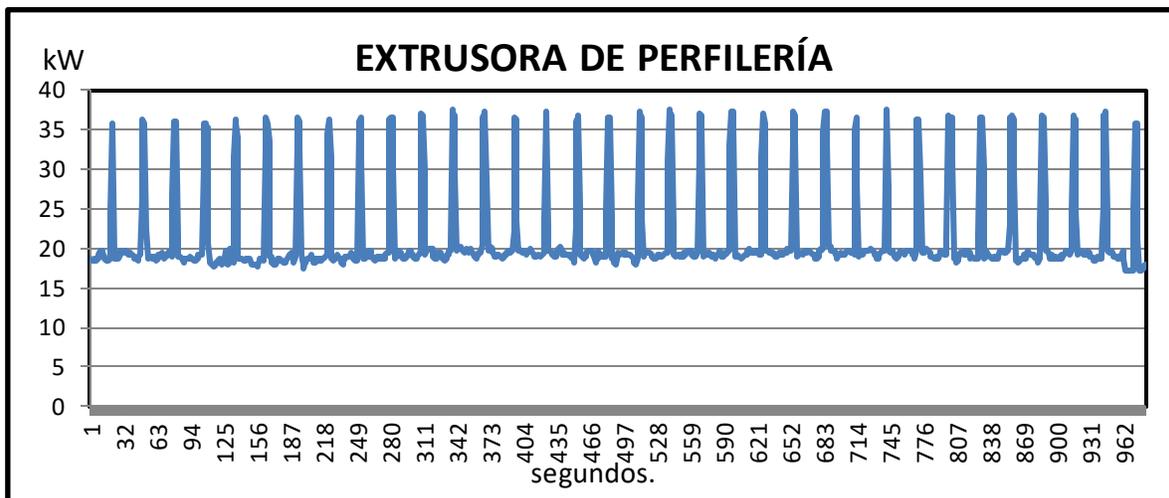
	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27



**Figura 12.** Línea de lavado y centrifugado abasteciendo a la aglutinadora ((<http://www.ovest.it/mpe/fotok2001/costarelli.htm>)).

La línea de lavado consiste en la molienda, lavado, centrifugado y secado de los polímeros, la centrifuga de lavado se encarga de abastecer a las peletizadoras mono husillo, doble husillo y la aglutinadora ver **figura 11 y 12**. Al momento de la medición energética la centrifuga abastece al silo de almacenamiento de la máquina doble husillo.

#### 3.4.2.4 Relación de consumo energético vs producción extrusora de perfilería.



**Gráfica 24.** Medición directa de la Extrusora de Perfilería.

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

<b>MEDICION DE PRODUCCION:</b>		
mezcla polietileno baja 49% , polietileno de alta 49% y 2% de pigmento		
ITEM	Tiempo (Min)	PESO (Kg)
1	10	30
2	10	31
3	10	31
4	10	30
5	10	30
6	10	29
<b>Total producido 181 kg/h</b>		

**Tabla 16.** Medición de Producción extrusora de perfilería.

 <b>RENDIMIENTO DIARIO DE MAQUINAS AGOSTO</b>							
AGLUTINADORA		PELETIZADORA MONOHUSILLO		PELETIZADORA DOBLEHUSILLO		EXTRUSORA DE PERFILERIA	
Dia	Aglutinado Kg	Dia	Peletizado Kg	Dia	Peletizado Kg	Dia	Extruido Kg
1	5100	1	1900	1	0	1	0
2	2125	2	1125	2	0	2	420
3	6900	3	150	3	3650	3	1099
4	7050	4	0	4	3850	4	980
5	5625	5	100	5	2575	5	1302
6	4350	6	425	6	1825	6	609
7	0	7	0	7	0	7	0
8	0	8	0	8	0	8	0
9	3150	9	925	9	925	9	406
10	9325	10	2250	10	2650	10	1568
11	4525	11	3600	11	5550	11	1120
12	0	12	4425	12	6175	12	1227,5
13	5175	13	3375	13	4925	13	1176
14	9125	14	4425	14	5225	14	952
15	6525	15	1000	15	4875	15	1263
16	6000	16	0	16	5800	16	819
17	6550	17	1000	17	2175	17	0
18	6800	18	3375	18	2475	18	1148
19	7625	19	3475	19	4275	19	525
20	8600	20	4325	20	3100	20	798
21	8675	21	3525	21	4600	21	987
22	3975	22	0	22	2250	22	413
23	2050	23	0	23	675	23	0
24	6225	24	1000	24	4575	24	980
25	7075	25	4050	25	2600	25	1015
26	7450	26	2250	26	1825	26	1071
27	7500	27	3075	27	4725	27	1036
28	7150	28	2250	28	4900	28	1057
29	4625	29	2650	29	2150	29	917
30	2175	30	0	30	1950	30	0
31	7800	31	4800	31	3550	31	647
154650		52025		86200		21971,5	
<b>TOTAL</b>		<b>TOTAL</b>		<b>TOTAL</b>		<b>TOTAL</b>	

<b>TOTAL (Kg) PRODUCTO TERMINADO MES DE AGOSTO</b> <b>314847</b>
---

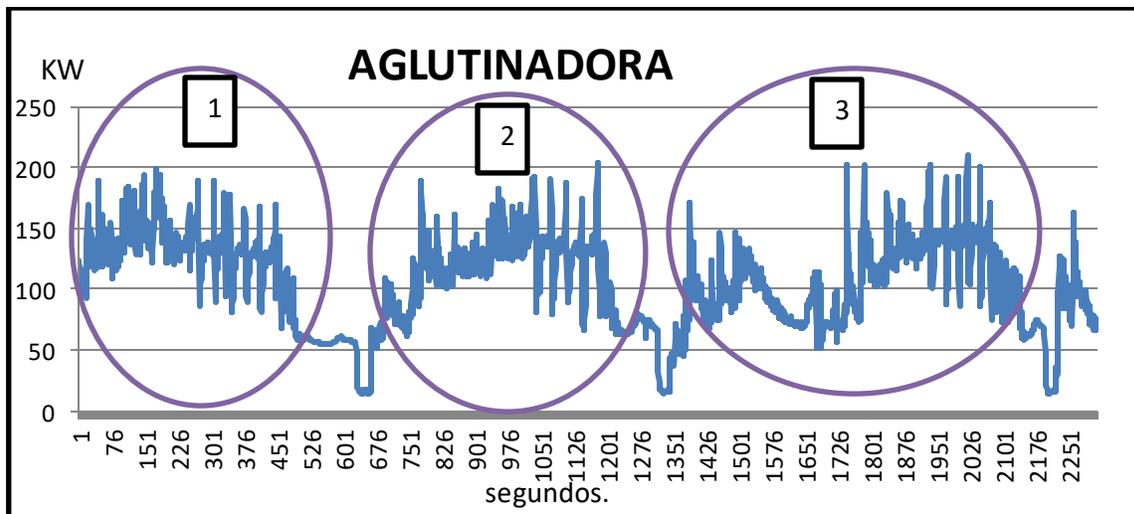
**Tabla 17.** Tabla producción mes de agosto

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

Durante la medición del analizador de redes en la extrusora de perfilaría se registraron 6 mediciones de producción en intervalos de 10 minutos en lo que demora llenar el molde, esta procesó 181 kg/h de mezcla polietileno baja 49%, polietileno de alta 49% y 2% de pigmento se puede visualizar en la **tabla 16**; de acuerdo a la ficha técnica esta máquina tiene la capacidad de producir 200 kg/h ver **tabla 5**; se calcula que la máquina está en una capacidad operativa del 90%.

Haciendo la comparación de la ficha técnica 300 kg/h ver **tabla 5**, con el máximo rendimiento diario de la máquina 1568 kg/8 horas o 196kg/h registrado en la **tabla 17**; se evidencia una máxima operatividad del 98 %.

### 3.4.2.5 Relación de consumo energético vs producción aglutinadora.



**Gráfica 25.** Medición directa de la Aglutinadora.

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

<b>MEDICION DE PRODUCCION:            70/30 aglutinado</b>			
ITEM	Tiempo (Min,.)	PESO (Kg)	Kg/min
1	11	83	7.54
2	12	83,3	7.57
3	15	89	5.93
4	11	83	7.54
5	11	83	7.54
<b>Total producido 421 kg/h</b>			

Tabla 18. Medición de Producción Aglutinadora.

 RECYCLING S.A.		<b>RENDIMIENTO DIARIO DE MAQUINAS NOVIEMBRE</b>							
AGLUTINADORA		PELETIZADORA MONOHUSILLO		PELETIZADORA DOBLEHUSILLO		EXTRUSORA DE PERIFERÍA			
Día	Aglutinado Kg	Día	Peletizado Kg	Día	Peletizado Kg	Día	Extruido Kg		
1	0	1	0	1	0	1	0		
2	2200	2	600	2	0	2	0		
3	8050	3	3225	3	0	3	0		
4	7025	4	1875	4	750	4	245,6		
5	6500	5	200	5	3675	5	161,7		
6	5125	6	0	6	4850	6	262,6		
7	5450	7	1025	7	4225	7	0		
8	6525	8	1950	8	5450	8	0		
9	3850	9	2850	9	5975	9	377,5		
10	0	10	1875	10	3425	10	332,5		
11	5280	11	1650	11	4050	11	325		
12	9125	12	2650	12	4925	12	307,5		
13	7175	13	2125	13	5775	13	502		
14	3750	14	2000	14	3650	14	360		
15	0	15	0	15	0	15	500		
16	2325	16	0	16	1700	16	490		
17	6975	17	2675	17	5675	17	307,5		
18	7775	18	2425	18	2900	18	0		
19	7050	19	2675	19	2650	19	500		
20	6925	20	2525	20	4675	20	487,5		
21	6800	21	2125	21	6050	21	385		
22	5950	22	0	22	3550	22	0		
23	7250	23	2025	23	2450	23	365		
24	6875	24	2525	24	4300	24	265		
25	7100	25	2600	25	3375	25	0		
26	3500	26	2250	26	4725	26	0		
27	2325	27	1725	27	4975	27	0		
28	5800	28	2225	28	4775	28	0		
29	4975	29	0	29	2975	29	0		
30	7875	30	1750	30	5150	30	0		
146725		47800		98550		6174,4			
<b>TOTAL</b>		<b>TOTAL</b>		<b>TOTAL</b>		<b>TOTAL</b>			
<b>TOTAL PRODUCTO TERMINADO MES DE NOVIEMBRE</b>									
<b>299249</b>									

Tabla 19. Tabla producción mes de Noviembre.

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

La aglutinadora se le realizaron 5 mediciones de producción lo que tardó en procesar cada barcada de 11, 12, 15, 11, y 11 minutos, registrados en la tabla 20 donde se puede visualizar las barcadas procesadas.

Las primeras 3 mediciones de la **tabla 18** se evidencian en la **gráfica 25**, donde los círculos indica cada barcada de material, la carga y descarga, la carga es cuando cae de la banda de transporte el material a las cuchillas produciendo los picos de potencia altos, y el proceso de descarga del material es cuando la máquina queda en vacío.

Durante la medición del analizador de redes la aglutinadora procesó 421.3kg/h del material 70/30 aglutinado registrados en la **tabla 18**; de acuerdo a la ficha técnica, ver tabla 6, esta máquina tiene la capacidad de producir 500 kg/h se hace una comparación con los 421.3kg/h de lo procesado durante la medición, se calcula que la máquina está en una capacidad operativa del 84%.

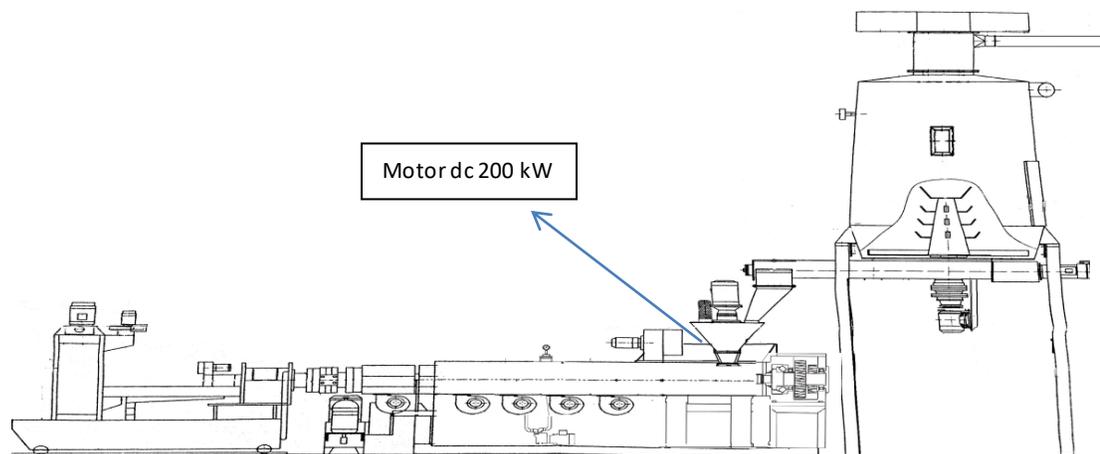
Haciendo la comparación de la ficha técnica 500 kg/h ver **tabla 5**, con el máximo rendimiento diario de la máquina 9125 kg/día o 380 kg/h registrado en la **tabla 19**; se evidencia una máxima operatividad del 76 %.

Se evidencia en el proceso de aglutinado con mayor carga fue el de mayor pico de consumo energético, se visualizan en la **gráfica 25, tabla 18, ítem 3**. Este ítem tuvo el pico de corriente más alto pero su eficiencia de producción fue menor a los anteriores lotes, se notó visualmente que, en el primer lote, el operario suministra a la máquina el material más disperso que puede ser causal del esfuerzo de la máquina para procesar el material.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

### 3.5 PROPONER ACCIONES PARA MEJORAR LA RELACIÓN ENTRE LA ENERGÍA CONSUMIDA Y LA PRODUCCIÓN OBTENIDA.

#### 3.5.1 Acciones de mejora en la peletizadora mono husillo.



**Figura 13.** Peletizadora mono husillo (plano de la maquina).

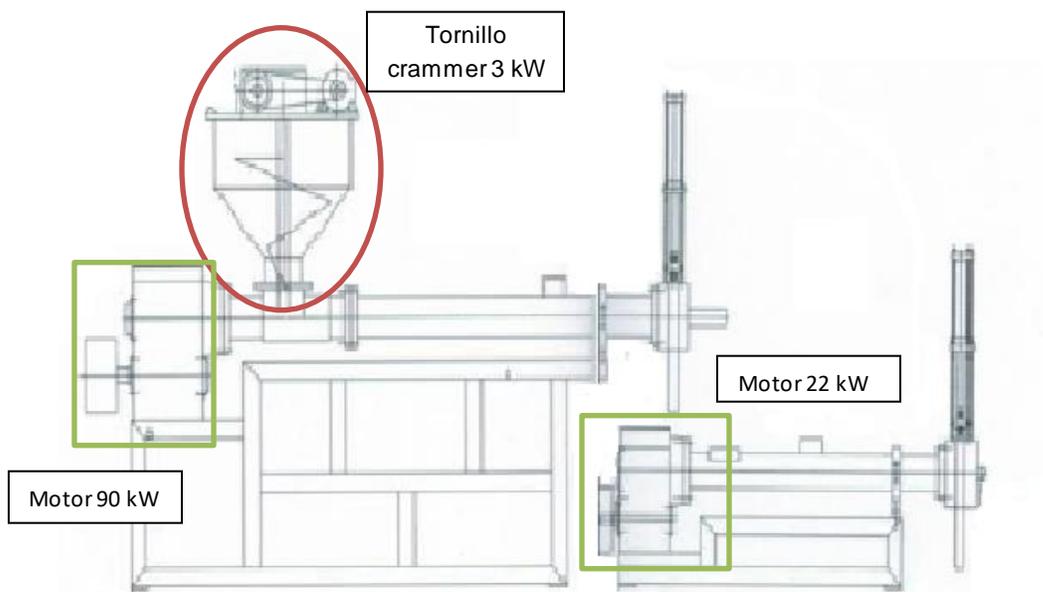
- El total de potencia nominal de los motores en esta máquina es de 235 kW y el motor principal es de 200 kW tal como se evidencia en la **tabla 1**, Por ficha técnica, la máquina tiene la capacidad de producir 300kg/h el consumo registrado por el analizador de redes con un promedio de 62kWh **gráfica 10**, una producción de 221 kg/h tal como se registra en la **tabla 13**, con esto se puede evidenciar que la máquina con respecto a la ficha técnica de motores está en una eficiencia del 26.38%, la máquina está trabajando en 1/4 de su capacidad. Se tiene un 63% para aumentar la eficiencia de la máquina teniendo en cuenta que los motores periféricos son cuota importante en el aumento de la capacidad.
- Capacitar al área de mantenimiento y producción para aumentar la eficiencia y su desempeño, y mantenerlos actualizados en aspectos relacionados con la correcta operación de los equipos, e Implementar un programa de mantenimiento preventivo y predictivo, en las máquinas con el fin de disminuir paros en la producción.
- Durante la medición del analizador de redes la peletizadora mono husillo procesó 221 kg/h del material Polietileno de baja 60% y polipropileno 40% registrados en

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

la **Tabla 13**; de acuerdo a la ficha técnica ver **tabla1**, esta máquina tiene la capacidad de producir 300 kg/h se hace una comparación con los 221kg//h de lo procesado durante la medición, se calcula que la máquina está en una capacidad operativa del 73% y haciendo la comparación de la ficha técnica con el máximo rendimiento diario de la máquina 5575 kg/día o 232 kg/h registrado en la **tabla 14** se evidencia una máxima operatividad hasta del 77 %.

- Se recomienda hacer una estandarización de los procedimientos en los diferentes procesos productivos para tener una documentación de la descripción de las formas de proceder y operar cuando un trabajador va a producir en un área determinada. Para que el proceso productivo se ejecute de manera correcta y segura, descartando cualquier posibilidad de error, pérdida de tiempo o accidentes.

### 3.5.2 Acciones de mejora en la peletizadora doble husillo.



**Figura 14.** Peletizadora doble husillo

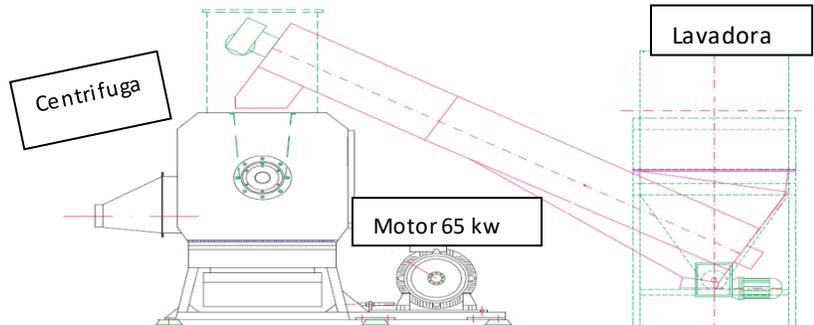
(<http://www.asianmachineryusa.com/images/Catalogos/catlogo%20general%202012.pdf>).

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

- El total de potencia nominal de los motores principales en esta máquina es de 112 kW, Por ficha técnica la máquina tiene la capacidad de producir 500kg/h el consumo registrado por el analizador de redes con un promedio de 61kWh **gráfica 13**, una producción de 270 kg/h tal como se evidencia en la **tabla 15**, con esto se puede evidenciar que la máquina con respecto a la ficha técnica ver **tabla 2** de los motores está en una eficiencia del 54.46% la máquina está trabajando en la mitad de su capacidad. Se tiene un 45% para aumentar la eficiencia de la máquina teniendo en cuenta que los periféricos son cuota importante en el aumento de la capacidad.
- Se observó durante el análisis que el motor de 22kW estaba trabajando sobre la corriente nominal mientras que el motor de 90kW estaba trabajando a un 60% de su corriente nominal y el motor del tornillo crammer 3 kW constantemente trabaja sobre la corriente nominal lo que incurre en paros constantes en el proceso. Se recomienda cambiar el motor de 3kW que tiene un variador de velocidad de 5.5kW, por un motor de 5.2kW tipo flanche eje 28mm con diseño de ajuste a la caja cicloidal. Con este se aumentaría la capacidad del motor en un 73% y así evitar paros en el proceso.
- Realizar una medición energética a profundidad de la máquina peletizadora doble husillo para conocer si la peletizadora doble husillo es susceptible de mejoras en términos de consumo de energía y productividad. Dicha medición pretende establecer el consumo y la eficiencia energética de la máquina. Se necesitan dos analizadores de redes para observar su consumo energético individual y no el total, la medición va acompañada de un análisis térmico para observar fugas de calor en el proceso, por último la medición va en conjunto de un análisis másico para establecer si la producción es adecuada.
- Se deben registrar las condiciones de operación y la productividad de la máquina cada hora, así como los eventos cotidianos y excepcionales (paros, arranques, desviaciones, etc.).

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

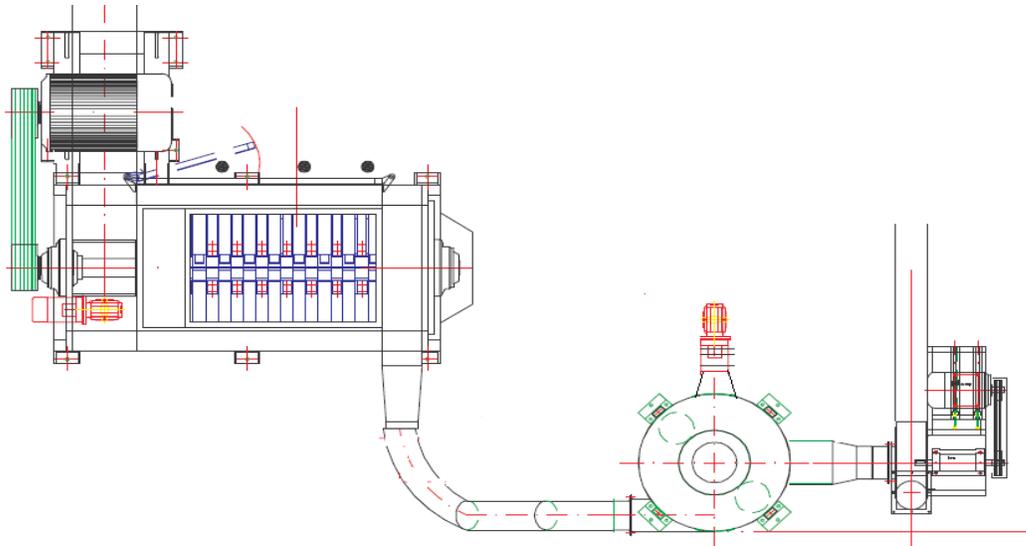
### 3.5.3 Acciones de mejora en la centrifuga de lavado.



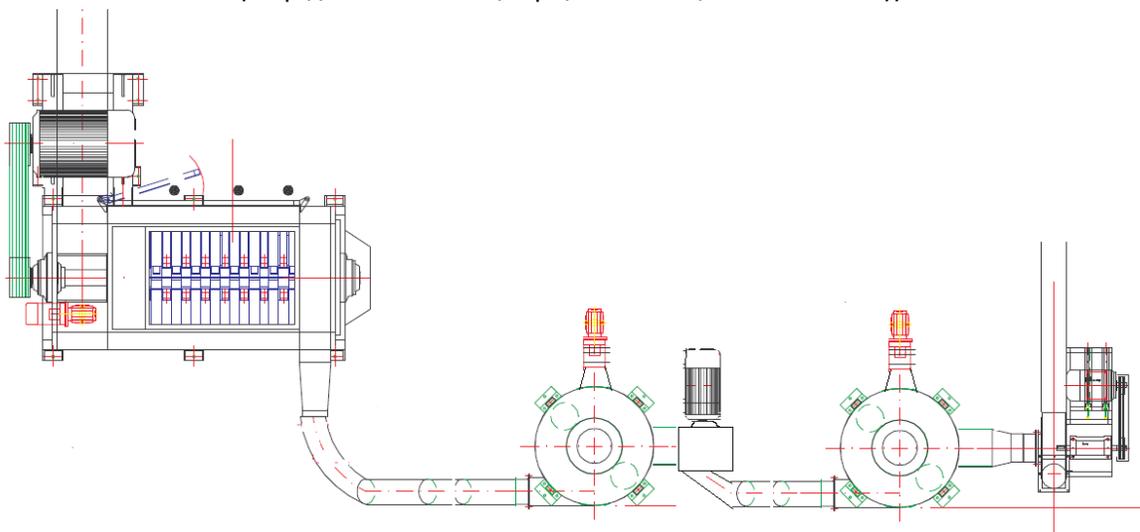
**Figura 15.** Centrifuga de lavado (I03[1].006.000001 Layout impianto Model ).

- Reparar el sistema de regadera interna auto-lavado de la centrifuga con el fin de mantenerla limpia.
- Ajustar los controles de amperaje de acuerdo a una caracterización de los materiales a procesar con el fin estandarizar parámetros para ser más eficientes y poder aumentar la producción.
- Cambiar el sistema de arranque estrella delta por un variador de velocidad con el fin de tener un arranque tipo soft.
- Al momento de la medición energética la centrifuga abastece al silo de almacenamiento de la máquina doble husillo que estaba trabajando con (PEBD POLICOLOR GUANTELETE 65% + PEBD POLICOLOR SUCIO 25% + STRETCH SUCIO 10%) estos materiales el stretch es el material que más absorbe agua durante el proceso de lavado y la combinación de los anteriores materiales más el agua, generan golpes a las paredes de la cesta en la centrifuga; al stretch se propone realizar mediciones de porcentaje de humedad para cada tipo de material o mezcla y así ajustar los parámetros de secado en el quemador industrial.
- Realizar mediciones de caudal para determinar cuánto material está procesando el lavado y el secado para hacer análisis de su eficiencia para luego compararlos con la capacidad de las peletizadoras y la aglutinadora.
- El sistema de secado en la centrifuga y el quemador industrial se les puede instalar un ciclón para mejorar el secado antes de llegar al silo de almacenamiento, o adicionar otro quemador ver **figura 16 y 17**, para esto se debe realizar un análisis

de porcentaje de humedad para cual sistema es más viable. Ya que presenta problemas de humedad en todos los procesos de peletizado y aglutinado.



**Figura 16.** Centrifuga de lavado proceso de secado actual.  
 (<http://www.ovest.it/mpe/fotok2001/costarelli.htm>)



**Figura 17.** Propuesta de mejora a centrifuga de lavado en el secado  
 (<http://www.ovest.it/mpe/fotok2001/costarelli.htm>)

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

### 3.5.4 Acciones de mejora en la extrusora de perfilería.

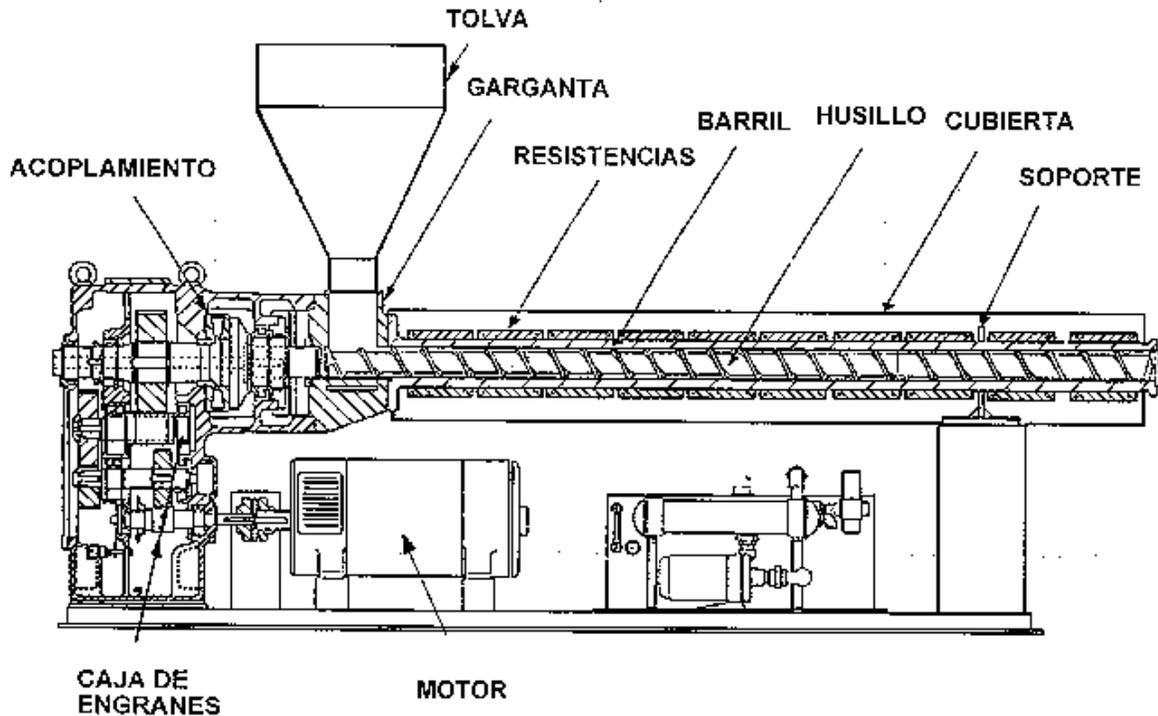


Figura 18. Extrusora de perfilería. (<http://princesa1992.blogspot.com.co/2009/07/extrusion-de-plasticos.html>)

- Determinar si la extrusora de perfilería de la empresa SC RECYCLING SA puede ser susceptible de mejoras en términos de consumo de energía y productividad, o si debe ser reemplazada por nueva tecnología para satisfacer la creciente demanda y optimizar los recursos energéticos.
- Para determinar el estado del husillo es necesario desmontar y realizar un despiece de la máquina extrusora (husillo y barril) para establecer las variables dimensionales y de distribución del conjunto husillo y barril. Se hace una comparación con las características de fábrica y con el estado del arte para esta clase de tecnología. Se analiza el desgaste actual de la máquina en sus componentes mecánicos y térmicos.

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

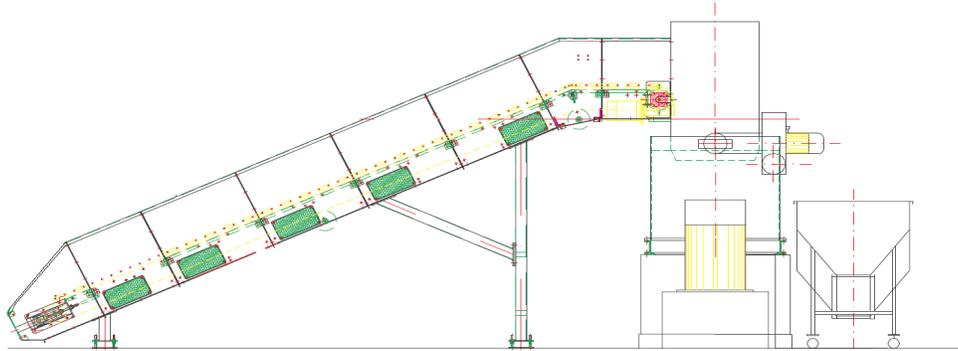
- Para evitar el desmoldeo manual se propone instalar un actuador neumático o hidráulico para que sea más eficiente la producción, y adicional una pistola neumática para hacer más eficiente el proceso en el manejo de materiales de un solo operario y no de dos como está actualmente.
- Cambiar los controles de temperatura análogos /digitales por controles digitales/digitales ya que este tipo instrumentos poseen control tipo PID además se debe mejorar el sistema de calefacción del cambia vía que tarda más en calentar el husillo.
- De acuerdo a la medición del analizador se evidencia que el consumo energético del motor está en un promedio de 21 kW de la **gráfica17** a un 48% de su potencia nominal con respecto a la ficha técnica **tabla 4** de 45 kW se puede aumentar parte de un 52% de la capacidad del motor siempre y cuando el husillo-barril estén en óptimas condiciones, que hayan suficientes moldes para desmoldar y se encuentre el silo abastecido.
- Instalar un sistema de auto-abastecimiento tal cual se observa en la figura 21 de materia prima para la tolva o “tova gravimétrica” así se evitará el abastecimiento de manera manual. Tener flujo constante de producto extruido, además tener en el proceso la constancia en lograr un producto final con las mismas características en peso y dimensiones.



**Figura 19.** Propuesta Extrusora de perfilería con tolva de autoabastecimiento.  
[http://www.andexport.com/espanol/prod\\_extrustub\\_mag\\_monohusillo.php#](http://www.andexport.com/espanol/prod_extrustub_mag_monohusillo.php#)).

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

### 3.5.5 Acciones de mejora en la aglutinadora.



**Figura 20.** Aglutinadora(<http://www.ovest.it/mpe/fotok2001/costarelli.htm>).

- El total de potencia nominal de los motores en esta máquina es de 153 kW y el motor principal es de 150 kW tal como se evidencia en la **tabla 5**, Por ficha técnica, la máquina tiene la capacidad de producir 500kg/h el consumo registrado por el analizador de redes con un promedio de 111kWh **gráfica 19**, una producción de 421 kg/h tal como se registra en la **tabla 18**, con esto se puede evidenciar que la máquina con respecto a la ficha técnica de motores está en una eficiencia del 72%, la máquina está trabajando en 3/4 de su capacidad. Se tiene un 28% para aumentar la eficiencia de la máquina.
- Durante la medición del analizador de redes la aglutinadora procesó 421.3kg/h del material 70/30 aglutinado registrados en la **Tabla 18**; de acuerdo A la ficha técnica ver **tabla 5**, esta máquina tiene la capacidad de producir 500 kg/h se hace una comparación con los 421.3kg//h de lo procesado durante la medición, se calcula que la máquina está en una capacidad operativa del 84% y se hace la comparación de la ficha técnica con el máximo rendimiento diario de la máquina 9125 kg/día o 380 kg/h registrado en la **tabla 19**, se evidencia una máxima operatividad del 76%.
- La máquina en el momento de aglutinar tiene pico de consumos mayores a la potencia nominal del motor 150kw es indispensable un buen uso de los controles de amperaje los cuales se encargan de aplicar agua para disminuir temperatura y

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

corriente además es indispensable un buen afilado de cuchillas tanto las fijas como las móviles.

- Cuando el ángulo de corte de la cuchilla y el filo de esta, se pierda por desgaste, se rectifica la cuchilla, para no bajar la producción y disminuir la corriente en el motor principal. Se recomienda realizar un estudio para determinar el comportamiento de las cuchillas instaladas en la aglutinadora, ya que los polímeros son materiales muy abrasivos y hacen perder el filo a las cuchillas muy rápido de acuerdo a la referencia soldaduras aplicadas y el tipo de material utilizado, con esto se pretende prologar la vida de las cuchillas, ser más eficientes en el proceso y disminuir tiempos muertos.
- El material de las cuchillas de la aglutinadora es un acero chromit Dureza rockwell 39-40 hrc y la soldadura que actualmente se le aplica a las cuchillas para el afilado es Citodur 600 Dureza rockwell 52 55 hrc y se propone cambiarla por Gridur 18 Dureza rockwell 58-62 hrc porque tiene propiedades de dureza más altas ver apéndices 1, y 3.
- La materia prima de producción es suministrado a la banda de transporte que alimenta la aglutinadora, cuando está muy compacto originan los picos altos de consumo de energía, en la descarga del material el motor queda en vacío y su consumo energético aproximadamente 20kW.
- Por su alto consumo energético la máquina aglutinadora se debe analizar con un estudio si debe ser reemplazada, o si puede optimizarse en términos de producción y eficiencia energética, para esto es necesario hacer un cambio tecnológico o implementar medidas en mejora de su consumo energético y productividad.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

## 4.RESULTADOS Y DISCUSIÓN

---

La caracterización energética es un procedimiento de análisis cuantitativo y cualitativo; los procedimientos de análisis cualitativo se usa como herramienta para considerar las características técnicas de las máquinas, el análisis cuantitativo se utiliza para conocer los niveles de eficiencia en los procesos y equipos que participan en estos, así como también las pérdidas y los lugares donde se produce, para realizar la caracterización y la medición energética en la empresa SC RECYCLING S.A se plantearon los siguientes objetivos:

- Levantar la información energética y relacionar el consumo de energía con la producción de las máquinas a analizar: peletizadora mono husillo, peletizadora doble husillo, extrusora de perfilería, aglutinadora y centrifuga de lavado
- Análisis de datos o de las informaciones obtenidas para proponer acciones de mejora entre la energía consumida y la producción obtenida.

Para poder cumplir con los objetivos se realiza un análisis cuantitativo y cualitativo de la empresa en sus procesos productivos. Se miden los consumos de energía por medio de un analizador de redes, se registra los kilogramos producidos en la medición y se compara con la máxima producción del día por máquina durante el año, con la información obtenida de consumo y producción se debe establecer una correlación con el fin de determinar cómo se encuentran las máquinas respecto a cada una de sus fichas técnica y con los hallazgos proponer acciones de mejora.

El método aplicado para hallar la eficiencia energética y operativa de la maquinaria es tener indicadores de referencia en cuanto al consumo energético (kWh) y la producción (kg/h), se necesitan como referente de consumo la sumatoria de la potencia nominal de los motores y la capacidad de producción de cada máquina por ficha técnica, para esto se debe realizar una medición con un analizador de redes se debe tener en cuenta el tipo de máquina, ya que las peletizadoras doble husillo requieren dos analizadores para una caracterización más completa en su sistema, esto se debe realizar durante 24 horas donde se registre el consumo energético calculando el promedio del consumo (kWh) y así poder

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

calcular la eficiencia energética y su capacidad de producción con respecto a las fichas técnicas y proponer las acciones de mejora en la máquina.

Durante la medición de consumo energético se debe registrar el tipo de material o las mezclas procesadas y la cantidad de kg/h total procesados en el día.

## 5. CONCLUSIONES, RECOMENDACIONES Y

### TRABAJO FUTURO

---

#### CONCLUSIONES:

- Se caracteriza y se mide la eficiencia energética en la peletizadora mono husillo, la peletizadora doble husillo, la extrusora de perfilería, la aglutinadora y la centrifuga de lavado en la empresa S.C. RECYCLING durante el 2016 se levanta la información energética con ayuda de una analizador de redes fluke 432 serie2, los datos obtenidos se relacionan con el consumo de energía y la producción de las máquinas para proponer acciones en pro de mejorar la relación de la energía consumida y la producción obtenida.
- La máquina peletizadora mono husillo está trabajando en un cuarto de su capacidad, durante la medición con el analizador de redes se observó que tiene un 63% para aumentar la eficiencia de la máquina teniendo en cuenta que los motores periféricos son cuota importante en el aumento de la capacidad.
- Se debe realizar un análisis energético de consumo individual para los motores de 90kW y 22 kW para determinar si la máquina peletizadora doble husillo es susceptible de mejoras en términos de consumo de energía y productividad, además es indispensable cambiar el motor de la alimentación crammer porque está trabajando sobre la potencia nominal y constantemente genera paros en el proceso.
- La peletizadora mono husillo tiene el sistema de alamas desconectado es indispensable conectarlo para que las alarmas sean verificadas por un sistema apropiado que visualiza los datos sobre un panel digital y a través de un severo

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

procedimiento de control impide peligrosos errores de maniobra mediante la parada automática de la línea.

- La máquina extrusora de perfilería se debe realizar un despiece de husillo y barril para establecer las variables dimensionales y de distribución del conjunto para aumentar la producción, y disminuir el consumo energético.
- La máquina aglutinadora se debe cambiar la soldadura aplicada en las cuchillas para el afilado para alargar la vida de ángulo de corte para disminuir el consumo energético en el proceso y aumentar la producción además se propone un variador de velocidad al motor principal de la aglutinadora para disminuir el consumo energético en el arranque.

#### **RECOMENDACIONES:**

- Al realizar una caracterización con la pinza amperimétrica y luego compararlas con el analizador de redes se debe tener en cuenta que los tiempos de cada lectura de las pinza amperimétrica deben ser más cortos a 15 segundos, para que las varianzas puedan concordar ya que el analizador toma registro por segundo se deben tomar los registros durante 24 horas.
- Para la medición de la peletizadora doble husillo se debe medir con un analizador de redes para cada motor de los husillos de manera independiente.
- Realizar un trabajo mancomunado con el semillero de métodos y tiempos a la empresa SC RECYCLING SA para implementar el mantenimiento productivo total (TPM); la filosofía de mantenimiento que transforma entornos, mejora procesos y optimiza recursos en compañía.  
El TPM se puede ver como una estrategia de mejora que involucra no solo a la alta dirección sino también a todos los empleados y que utiliza herramientas como el liderazgo, la perseverancia y la disciplina como pilares.
- Durante la medición se observaron en los gabinetes eléctricos de la aglutinadora y, centrifuga de lavado arranques estrella-delta en los motores de mayor consumo, si se Instalan variadores de velocidad se puede disminuir los picos de arranques de

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

acuerdo al análisis obtenido por la empresa de consultoría IMPSON que se presentó en el estado de arte

- Instalar medidores de consumo de energía para tener un balance de lo producido, respecto a las materias primas procesadas y así tener un balance de costos de energía en producción de acuerdo a cada materia prima, esto en compañía de la implementación de un semillero de herramientas para la productividad.

### TRABAJO FUTURO

- Debido a la humedad proveniente de la línea de lavado se debe realizar un análisis del porcentaje de humedad en la salida del secado antes de abastecer las peletizadoras y aglutinadora, ya que las maquinas deben realizar un precalentamiento para evaporar o desgasificar el material, por eso debe evaluar el sistema de secado en la centrifuga dinámica revisando las paletas y la criba, se debe revisar el quemador industrial disminuir la cantidad de humedad del material. en caso de no encontrar ningún problema de desgaste se propone instalar un ciclón para mejorar el secado antes de llegar al silo de almacenamiento o adicionar otro quemador dependiendo.
- Se debe hacer una consultoría energética para realizar un análisis más profundo sobre el funcionamiento de cada máquina con los materiales más difíciles de procesar, donde se analice el consumo energético de la máquina en el arranque, su factor de potencia, la eficiencia de los motores, la operación con diferentes operarios y los tiempos muertos. con el fin de conocer el comportamiento en el tiempo y el material procesado para poder tomar decisiones respecto a la eficiencia del sistema que compone a cada máquina respecto a la producción y así poder cumplir las metas que se establecen cada año en la empresa SC RECYCLING SAS.
- Establecer las variables de control y monitoreo en la empresa SC RECYCLING SA para identificar los eventos que tienen impacto en la variabilidad de los consumos energéticos que dependen a diferentes factores como:
  - Tipo y características de los de plásticos (por ejemplo, cada material tiene una diferente temperatura de fusión).
  - Diseño, complejidad y tamaño del producto final.
  - Cada una de las técnicas utilizadas para la elaboración del producto tiene su energía específica de consumo, en función de calefacción.

	<p style="text-align: center;">INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</p>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

- Cuanto mayor sea la cantidad de producción, menor será el consumo específico de energía, generalmente esto se lleva por el indicador (kWh/Ton-producto).
- El tiempo de ciclo determina el tiempo que el motor eléctrico opera durante el proceso.

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

## REFERENCIAS

Campos, J. C. (2006). *Herramientas para el análisis de caracterización de la eficiencia energética*. Recuperado de: <http://www.revistaciencias.com/publicaciones/EpZyEkkEuulBycVx Cr.php>.

García, V. (2010). *Ahorro Energético en los procesos de transformación en materias plásticas con el sistema Ecodry de Frigel*. Jornadas de eficiencia energética, Martos, España. Recuperado de: <http://andaltec.org/documentacion/pdf/1286263382.pdf>

Ipsom. (2012). Ahorro de energía en el proceso de inyección. <http://www.ipsom.com/proyectos/inyeccion/>.

Kent, R. (2008), Energy management in plastics processing - Framework for measurement, assessment and prediction, plastics rubber an

LEY 143 DE 1994 (Julio 11) Diario Oficial No. 41.434, de 12 de julio de 1994. Por la cual se establece el régimen para la generación, interconexión, transmisión, distribución y comercialización de electricidad en el territorio nacional, se conceden unas autorizaciones y se dictan otras disposiciones en materia energética.

Portafolio (2013), La eficiencia energética, cada vez con más luz en Colombia <http://www.portafolio.co/negocios/empresas/eficiencia-energetica-vez-luz-colombia-82250>

RECIPE (2006). Reduccion de la energía en el procesamiento de los plásticos Recuperado de: <http://intelligent energy europe reduced energy consumption in plastics engineering 2014-07-17.pdf>

Tanaka, K. (2008). Evaluación de las medidas de rendimiento energético en la industria y su aplicación a las políticas., [http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/JPRG\\_Info\\_Paper.pdf](http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/JPRG_Info_Paper.pdf)

Santa María, M., Fehr, N.-H. Von Der, Millán, J., Benavides, J., Gracia, O. & Schutt, E. (2009). El mercado de la energía eléctrica en Colombia: características, evolución e impacto sobre otros.

Villegas, J. & Naranjo, A. (2013). *Eficiencia energética, caso aplicado al proceso de inyección*. ICIPC Colloquium 2013. Medellín- Colombia.

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

## APÉNDICE

---

1. Soldadura Citodur 600.
2. Comparación de referencias en láminas antidesgaste.
3. Soldadura Gridur 18.

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

## Apéndice 1

### SMAW

#### Recubrimiento Protector



#### CITODUR 600

Electrodo de buena resistencia a la abrasión e impacto moderado, cuyo depósito está compuesto de carburos de cromo distribuidos uniformemente. Las elevadas durezas que se consigue (52 - 55 HRC) hacen que sus depósitos no sean maquinables, pero si pueden ser forjados o templados. El CITODUR 600 se caracteriza por dejar un material depositado de buen acabado libre de porosidades y es factible obtener cordones de soldadura libres de fisuras, para lo cual, en caso sea necesario se debe precalentar el material base. Electrodo de alto rendimiento.

Clasificación	
AWS A5.13 / ASME SFA-5.13	EFe3
DIN 8555	E 6 - UM - 60

#### Análisis Químico de Metal Depositado (valores típicos) [%]

C	Mn	Si	P	S	Mo	Ni	Cr	Cu	Otros
0,50	0,50	0,40	máx. 0,020	máx. 0,020	0,50	-	6,70	-	0,5% V

#### Propiedades Mecánicas del Metal Depositado

Tratamiento Térmico	Resistencia a la Tracción [MPa (psi)]	Límite de Fluencia [MPa (psi)]	Elongación en 2" [%]	Energía Absorbida ISO-V [°C (°F)] [J (Ft-Lbf)]	Dureza
Sin tratamiento	-	-	-	-	52- 55 HRC

Conservación del Producto	Posiciones de Soldadura
<ul style="list-style-type: none"> <li>Mantener en un lugar seco y evitar humedad.</li> <li>No requiere almacenamiento bajo horno.</li> <li>Resecado de 300°C a 350°C por 2 horas.</li> </ul>	

#### Parámetros de Soldeo Recomendados

Para corriente alterna (AC) o continua (DC): Electrodo al polo positivo DCEP							
Diámetro	[mm]	1,60	2,50	3,25	4,00	5,00	6,30
	[pulgadas]	1/16	3/32	1/8	5/32	3/16	1/4
Amperaje mínimo	-	-	-	100	140	190	230
Amperaje máximo	-	-	-	135	5/32	240	280

#### Aplicaciones

- Su elevada dureza el confiere excelente resistencia a la fricción metal - metal, pero debe tomarse la previsión de cual será el componente de sacrificio por su elevado nivel de dureza.
- Como "soldadura preventiva" para recubrir y proteger componentes o piezas nuevas, que van a estar expuestas a agentes de desgastes combinados de abrasión severa con impactos moderados.
- Puede utilizarse para reconstruir piezas y como cama cojín de recubrimientos protectores especiales.
- Con frecuencia es aplicable en la industria minera para recuperación y protección de equipos, como: cucharas, baldes, dragas y plumas, cuchillas de bulldozers, martillos, placas y conos trituradores, bombas, impulsores, etc.
- Usado en la industria del cemento, ladrilleras, constructoras, fábricas de plásticos, vidrios, etc.
- Dentro de las variadas aplicaciones tenemos: Recuperación de piñones de cadena, engranajes, sprokets, bordes de yunques, árbol de levas, rejas de arados, parrillas de zarandas, etc.
- Ideal para proteger componentes que trabajan en movimiento de tierras y en minería aurífera.

## Apéndice 2



### LAMINAS DE ALTA RESISTENCIA / BAJA ALEACIÓN ANTIDESGASTE ABRAZO 400

#### COMPARACIÓN DE REFERENCIAS EN LAMINA ANTIDESGASTE

Referencias	Dureza		Composición Química													
	Brinell	Rockwell I	%C	%Si	%Mn	%Cr	%Mo	%V	%Ti	%P	%S	%Nb	%B	%Cu	%Ni	
	HB	HRC														
ABRAZO 400	363 - 400	39 - 42	0,170	0,380	1,380	0,120	0,125	0,003	0,024	0,010	-	0,035	0,002	0,120	0,210	
DILLIDUR 400V	360 - 440	39 - 45	0,200	0,500	1,800	1,500	0,500	-	-	<0,025	<0,012	-	0,005	-	0,800	
XAR PLUS	410 - 490	42 - 48	<0,22	<0,80	<1,50	<1,30	<0,50	-	-	<0,025	<0,012	-	<0,005	<0,030	-	
CHRONIT	370 - 377	39 - 40	0,140 0,200	0,280 0,300	1,350 1,420	0,030 0,036	0,004 0,010	0,001	0,030	0,035 Máx.	0,040 Máx.	0,025	0,025	0,0015 0,0020	-	-
FORA 400BC	360 - 440	37 - 45	0,160	-	1,600	1,000	0,400	0,080	-	0,020	0,010	-	0,004	-	-	
FORA 450HB	410 - 500	42 - 49	0,180	-	1,600	1,000	0,250	-	-	0,020	0,005	-	0,004	-	-	
TRICON 400	360 - 444	38 - 46	0,200 Máx.	0,550 Máx.	1,800 Máx.	1,500 Máx.	0,550 Máx.	-	-	0,025 Máx.	0,010 Máx.	-	0,005 Máx.	-	1,000 Máx.	
400 BRINELL	360 - 420	38 - 44	0,210	0,600	1,700	0,800	0,400	-	0,200	<0,025	<0,012	-	0,007	0,200	0,300	

## Apéndice 3



### GRIDUR 18

φ (mm)	φ (pulg)	Longitud (mm)	Intensidad (Amp)
3.25	1/8	350	100-110
4.00	5/32	350	130-150
5.00	3/16	350	170-190

NORMA  
NO APLICA  
POSICIONES: Plana y Horizontal.  
CORRIENTE: Alterna o Continua Polo Positivo (+).

Composición química: C: 3.0% Cr: 32.0%  
Dureza Rockwel: 58- 62 HRc.

#### DESCRIPION:

Electrodo rutilico de diseño especial que genera depósitos con alta concentración de carburos de cromo, de alta resistencia al desgaste abrasivo y a la corrosión aún a alta temperatura, sus depósitos conformados por cordones convexos de superficie lisa con escoria fácil de remover, tienden a autofisurarse sin detrimento de sus propiedades antiabrasivas y de adherencia. Presenta arco suave y estable de poca salpicadura con rendimiento aproximado de 140% con relación al núcleo.

#### OPERACION:

Mantenga el arco corto con amplitud de vaivén para generar cordón de 3 a 4 veces el diámetro del electrodo como máximo. Puede aplicarse sobre aceros en general. Se recomienda usar el electrodo GRINOX 25 o GRINOX 26 como base en aceros al manganeso.

	<b>INFORME FINAL DE TRABAJO DE GRADO</b>	Código	FDE 089
		Versión	03
		Fecha	2015-01-27

FIRMA ESTUDIANTES Alexander Castaño Milla.  
Andrés Felipe Ortiz Rojas.  
\_\_\_\_\_

FIRMA ASESOR José Alberto García  
\_\_\_\_\_

FECHA ENTREGA: 24-Mayo-2014

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: \_\_\_\_\_