

**Práctica empresarial para la generación de un plan de mejora de adquisición de datos y análisis de las variables críticas del proceso, que contribuyan con la disminución del consumo energético de la maquinaria de inyección de la empresa Rambal SAS BIC**

**Ana María Blanco Serrano**

**Trabajo de grado para optar el título de Ingeniero Mecatrónico**

**Director**

**John Leonardo Quiroga Pineda**

**Magister en Ingeniería Electrónica**

**Codirector**

**Omar Leonardo Peña Galvis**

**Magister en Ingeniería Electrónica**

**Universidad Santo Tomás, Bucaramanga**

**División de Ingenierías y Arquitectura**

**Facultad de Ingeniería Mecatrónica**

**2023**

### **Dedicatoria**

Quiero dedicar este logro primeramente a Dios, a mis padres, mi hermana y mi familia, gracias por ser siempre el motor de todo lo que hago, por sus palabras de aliento cada vez que desfallecí, por aplaudir cada una de mis pequeñas o grandes victorias y por estar en cada parte del proceso. Esto es por y para ustedes.

### **Agradecimientos**

En este punto tan importante de mi vida, en donde alcanzo un nuevo logro a nivel personal y profesional quiero darle las gracias a Dios por sostenerme y guiarme en cada parte del camino. A mis padres por ser mi inspiración, fuerza y razón, gracias por su amor incondicional y apoyo en todo lo que hago. A mi familia por estar en cada momento, por alentarme en mis logros y aún más en mis derrotas, por impulsarme y sacar la mejor versión de mí. A mis amigos por su compañía durante este proceso, su amistad fue una de las cosas más valiosas que me dejó esta etapa, gracias a ella logré superar los momentos más difíciles de esta. A mis profesores y tutores gracias por ser parte fundamental de mi formación, la pasión que sienten por su profesión se vio reflejada en cada una de sus enseñanzas. Finalmente, gracias al amor por ser siempre el centro de todo.

## Contenido

Introducción .....	10
1. Práctica empresarial para la generación de un plan de mejora de adquisición de datos y análisis de las variables críticas del proceso, que contribuyan con la disminución del consumo energético de la maquinaria de inyección de la empresa RAMBAL SAS BIC.....	11
1.1 Planteamiento del problema .....	11
1.2 Justificación .....	12
1.3 Objetivos.....	12
1.3.1 Objetivo general.....	12
1.3.2 Objetivos específicos .....	12
2. Reseña de la empresa .....	14
3. Marco conceptual .....	15
4. Plan de Trabajo .....	16
4.1 Seguimiento de la maquinaria del área de inyección.....	17
4.2 Análisis de los informes de productividad (TVC).....	19
4.3 Evaluación y comparación de los equipos de medición existentes en el mercado que permitirán facilitar la adquisición de la información.....	20
5. Resultados .....	23
5.1 Consumo de energía en el área de inyección.....	23
5.2 Matriz de relación costo de pieza inyectada en energía .....	25
5.3 Analizadores de Red.....	26
5.3.1 Diagrama de Conexión .....	27
5.3.2 Analizador de red instalado en tablero de chiller.....	27

5.3.3 Analizador de red instalado en las inyectoras 23,25,50,56,57 .....	29
5.3.4 Analizador de red móvil .....	31
5.3.5 Adquisición de datos del analizador de red. ....	32
5.3.6 Sistema de adquisición.....	37
6. Conclusiones .....	40
Referencias .....	41

**Lista de tablas**

<b>Tabla 1.</b> <i>Plan de trabajo</i> .....	16
<b>Tabla 2.</b> <i>Evaluación de medidor de consumo de energía.</i> .....	21
<b>Tabla 3.</b> <i>Matriz de relación costo de pieza inyectada en energía</i> .....	26
<b>Tabla 4.</b> <i>Matriz de consumo de molde (coladas)</i> .....	32
<b>Tabla 5.</b> <i>Mediciones obtenidas por el analizador de red en la inyectora 23</i> .....	36
<b>Tabla 6.</b> <i>Precio de equipos y materiales</i> .....	38

**Lista de figuras**

<b>Figura 1.</b> <i>TVC (Informe de productividad)</i> .....	17
<b>Figura 2.</b> <i>Base de datos analizador de redes</i> .....	18
<b>Figura 3.</b> <i>Gráfico análisis de productividad.</i> .....	19
<b>Figura 4.</b> <i>Gráfico análisis de productividad con el 25% de funcionamiento del molde</i> .....	20
<b>Figura 5.</b> <i>Analizador de red EEM-MA770</i> .....	22
<b>Figura 6.</b> <i>Gráfico potencia promedio consumida por máquina [KW por mes]</i> .....	23
<b>Figura 7.</b> <i>Gráfico valor consumo Rambal vs valor consumo inyección.</i> .....	24
<b>Figura 8.</b> <i>Gráfico consumo de energía del área de inyección vs demás áreas.</i> .....	24
<b>Figura 9.</b> <i>Diagrama de conexión analizador de red.</i> .....	27
<b>Figura 10.</b> <i>Analizador de red instalado en tablero de chiller.</i> .....	28
<b>Figura 11.</b> <i>Lectura del analizador de red instalado en tablero de chiller.</i> .....	28
<b>Figura 12.</b> <i>Analizador de red instalado en la inyectora 23</i> .....	29
<b>Figura 13.</b> <i>Analizador de red instalado en la inyectora 25</i> .....	29
<b>Figura 14.</b> <i>Analizador de red instalado en la inyectora 50</i> .....	30
<b>Figura 15.</b> <i>Analizador de red instalado en la inyectora 56</i> .....	30
<b>Figura 16.</b> <i>Analizador de red instalado en la inyectora 57</i> .....	30
<b>Figura 17.</b> <i>Analizador de red móvil</i> .....	31
<b>Figura 18.</b> <i>Selección tipo de conexión en interfaz de analizador</i> .....	33
<b>Figura 19.</b> <i>Ajustes de valores de entrada</i> .....	34
<b>Figura 20.</b> <i>Valores instantáneos tomados por el analizador</i> .....	34
<b>Figura 21.</b> <i>Lectura de contador</i> .....	35
<b>Figura 22.</b> <i>Almacenamiento de datos</i> .....	35

### **Resumen**

El presente informe evidencia de forma detallada el trabajo realizado durante el periodo de prácticas en Rambal SAS BIC, empresa dedicada a la fabricación de dosificadores plásticos que, debido a sus altos niveles producción, enfrenta un alto consumo de energía en su maquinaria de inyección. La aplicación de estrategias que reduzcan el consumo energético resulta inminente, razón por la cual, es importante realizar un monitoreo completo del área a través de un analizador de red para determinar el nivel de potencia consumida en esta. El objetivo de este proyecto es proponer un plan de mejora en la adquisición de datos de consumo de energía, realizando un seguimiento a la maquinaria, analizando la productividad en relación con las variables medidas y, evaluando los dispositivos existentes en el mercado que permitan llevar un control estas, teniendo en cuenta la relación calidad-precio y la viabilidad de su implementación.

*Palabras clave:* analizador de red, consumo energético, medición, potencia.

**Abstract**

This report provides detailed evidence of the work carried out during the internship period at Rambal SAS BIC, a company dedicated to the manufacture of plastic dispensers that, due to its high production levels, faces a high energy consumption in its injection machinery. The application of strategies that reduce energy consumption is imminent, which is why it is important to carry out a complete monitoring of the area through a network analyzer to determine the level of power consumed in it. The objective of this project is to propose a plan to improve the acquisition of energy consumption data, monitoring the machinery, analyzing the productivity in relation to the variables measured and evaluating the existing devices in the market that allow them to be controlled, taking into account the value for money and the feasibility of their implementation.

*Keywords:* Network Analyzer, Power Consumption, Metering, Power.

### **Introducción**

Rambal SAS BIC es una empresa dedicada al desarrollo y producción de dosificadores plásticos innovadores y sostenibles que, gracias a la alta demanda de sus productos, cuenta con una amplia maquinaria que le permite llevar a cabo cada uno de sus procesos. Actualmente, el consumo energético de los equipos del área de inyección es considerablemente alto, razón por la cual la implementación de estrategias que favorezcan su disminución resulta imprescindible. Con el objetivo de establecer un plan efectivo de reducción de consumo energético, se ha adquirido un analizador de redes que permitirá monitorear las variables relevantes, sin embargo, la toma de datos se realiza manualmente, lo que implica riesgos de errores humanos y pérdida de información; además, el analizador de redes se turna periódicamente entre las diferentes máquinas, lo que dificulta el análisis riguroso de los parámetros. Dado lo anterior, el objetivo de esta práctica consiste en proponer un plan de mejora en el proceso de adquisición de datos, evaluando y comparando los dispositivos existentes en el mercado, presentando distintas alternativas basadas en la relación calidad-precio y analizando las variables medidas, así como las proporcionadas por el departamento de inyección, con el fin de proponer alternativas tecno-económicas viables que busquen optimizar el consumo energético de las máquinas en la planta.

# **1. Práctica empresarial para la generación de un plan de mejora de adquisición de datos y análisis de las variables críticas del proceso, que contribuyan con la disminución del consumo energético de la maquinaria de inyección de la empresa RAMBAL SAS BIC**

## **1.1 Planteamiento del problema**

Actualmente, el consumo energético de los equipos del área de inyección de la empresa Rambal SAS BIC es monitoreado de manera visual por un empleado mediante la lectura de un solo analizador de redes. Este debe registrar la información de forma manual y, posteriormente, esta es digitalizada en una base de datos, para luego ser analizada. Este proceso podría resultar en errores de digitación, malinterpretación, etc.

Por otro lado, al ser el único instrumento disponible para medir variables de potencia eléctrica, solo es posible monitorear el comportamiento eléctrico de una sola máquina al tiempo; lo anterior, sumado al hecho de que este proceso no se realiza de manera periódica, por ende, el analizador podría tomar lecturas de una máquina por más tiempo que en otra, impidiendo que se lleve un registro del consumo de todas las inyectoras, por lo que, en promedio, solo son analizadas aproximadamente el 3% de su tiempo de operación.

De acuerdo con lo anterior, mediante este trabajo se propone responder las siguientes preguntas ¿Se puede implementar un sistema automatizado de monitoreo en tiempo real que permita monitorear las 33 inyectoras al mismo tiempo? ¿Qué variables debería medir el sistema para analizar la eficiencia del área de inyección? ¿Cuánto cuesta la implementación de un sistema de este tipo?

## **1.2 Justificación**

La maquinaria del área de inyección representa la principal fuente de consumo energético de toda la compañía, por ende, la falta de monitoreo de las variables que permitan la implementación de estrategias que favorezcan la reducción de este, traería consigo implicaciones de índole económico y ambiental, aumentando los costos operativos de la empresa, afectando así su viabilidad y sostenibilidad a largo plazo. Mediante la realización de un plan de mejora para el sistema de monitoreo de variables eléctricas del área de inyección, la empresa contará con una alternativa que permita reducir costos en su operación, obteniendo como resultado el registro automático del comportamiento eléctrico de las máquinas, el monitoreo de todas las máquinas al mismo tiempo y, además, se podrá analizar la eficiencia energética de cada máquina para así, implementar planes de mejora que permitan mejorar su eficiencia.

## **1.3 Objetivos**

### ***1.3.1 Objetivo general***

Realizar un plan de mejora en el procedimiento de monitoreo de variables del área de inyección, que permita adquirir, transferir y analizar la información medida, con el fin de implementar estrategias que permitan reducir el consumo energético de la compañía.

### ***1.3.2 Objetivos específicos***

Realizar un seguimiento a las inyectoras que conforman el área de inyección de la compañía haciendo uso de la información recopilada por el analizador de redes, con el propósito de elaborar un diagnóstico del consumo energético de estas.

Analizar los informes de productividad (TVC) proporcionados por el área de inyección, identificando las variables críticas de proceso, con el fin de evaluar la incidencia de estas en el desarrollo productivo de la compañía, así como en el rendimiento energético de cada equipo.

Proponer un plan de mejora para la adquisición de la información técnica de la maquinaria de inyección, realizando una evaluación de los equipos existentes en el mercado, así como su modo de obtención de datos, con el objetivo de automatizar la toma de parámetros significativos para la aplicación de estrategias que permitan reducir el consumo energético.

## **2. Reseña de la empresa**

Rambal SAS, soluciones de empaque sostenibles. Rambal SAS BIC fue constituida el 9 de octubre de 1974 en la ciudad de Bogotá. Posteriormente fue trasladada a Piedecuesta en el año 1976. En el año 1994, debido al incremento de la demanda y al auge que presentó la empresa, sus instalaciones se trasladan al Parque Industrial de Bucaramanga. Hoy por hoy Rambal SAS BIC se encuentra entre las 500 empresas generadoras de desarrollo y responsabilidad social en Santander. El propósito de Rambal es crecer en familia generando confianza y sostenibilidad. [1]

Misión: Desarrollamos soluciones plásticas especializadas de acuerdo con las expectativas y tendencias globales, soportadas en la mejora continua y en una cultura de responsabilidad social empresarial, contribuyendo así a la sostenibilidad de la compañía y de nuestros grupos de interés. [1]

Visión: Consolidarnos como una organización confiable e innovadora, comprometidos en la construcción de valor mediante el desarrollo de soluciones plásticas especializadas y sostenibles alineadas con nuevas tendencias para nuestra sociedad. [1]

### 3. Marco conceptual

*Analizador de redes:* Son instrumentos empleados para la detección temprana de problemas de calidad energética de forma rápida, segura y detallada. Su objetivo principal es detectar las perturbaciones energéticas que afectan la calidad del suministro eléctrico [2].

*Carga:* La potencia eléctrica requerida para el funcionamiento de uno o varios equipos eléctricos o la potencia que transporta un circuito [3].

*Corriente eléctrica:* Es el movimiento de cargas eléctricas entre dos puntos que no se hallan al mismo potencial, por tener uno de ellos un exceso de electrones respecto al otro [3].

*Instalación eléctrica:* Conjunto de aparatos eléctricos, conductores y circuitos asociados, previstos para un fin particular: Generación, transmisión, transformación, conversión, distribución o uso final de la energía eléctrica [3].

*Inyectora:* Es una herramienta de fabricación que produce productos de plástico inyectando material plástico fundido en un molde. La máquina tiene una tolva que funde y alimenta el material plástico en un barril, donde se calienta y luego se inyecta en una cavidad del molde. A continuación, el material plástico se enfría y solidifica, y el molde se abre, liberando el producto acabado [4].

*Tensión:* La diferencia de potencial eléctrico entre dos conductores, que hace que fluyan electrones por una resistencia. Tensión es una magnitud, cuya unidad es el voltio [3].

### 4. Plan de Trabajo

A partir de los objetivos planteados, se establecieron una serie de actividades que contribuirán con su desarrollo, teniendo en cuenta la naturaleza de estas, se estarán realizando de manera simultánea, alcanzando un grado de avance paralelo durante los meses de realización de la práctica.

**Tabla 1.** *Plan de trabajo*

Objetivos	Actividades	Entregables
Realizar un seguimiento a las inyectoras que conforman el área de inyección de la compañía haciendo uso de la información recopilada por el analizador de redes, con el propósito de elaborar un diagnóstico del consumo energético de estas.	<p>Recopilar datos de corriente, tensión y potencia de las inyectoras, entregados por el analizador de redes.</p> <p>Identificar el tiempo de parada, molde montado, ciclo y número de cavidades habilitadas por cada molde, con el fin de estimar la producción y comparar los resultados ideales con los reales.</p> <p>Realizar base de datos en Excel.</p>	Consultar fichas técnicas de los equipos y evaluar los datos del analizador de redes proporcionados por el personal de mantenimiento.
Analizar los informes de productividad (TVC) proporcionados por el área de inyección, identificando las variables críticas de proceso, con el fin de evaluar la incidencia de estas en el proceso productivo de la compañía, así como en el rendimiento energético de cada equipo.	<p>Consultar información acerca del número de piezas producidas por cada inyectora.</p> <p>Evaluar el grado de incidencia de la temperatura de la máquina y el tiempo de enfriamiento del molde en la producción.</p> <p>Establecer una relación entre el consumo energético de la máquina, el número de piezas que produjo y el molde montado.</p> <p>Realizar base de datos en Excel.</p>	Revisar los datos de producción suministrados por el área de inyección, para identificar cuál máquina está presentando un mayor consumo y así implementar las medidas necesarias para su disminución.
Proponer un plan de mejora para la adquisición de la información técnica de la maquinaria de inyección, realizando una evaluación de los equipos existentes en el mercado, así como su modo de obtención de datos, con el objetivo de automatizar la toma de parámetros significativos para la aplicación de estrategias que permitan reducir el consumo energético.	<p>Investigar en el mercado equipos que permitan la medición de variables tales como la tensión, corriente y potencia a nivel industrial.</p> <p>Realizar una cotización y comparativa de los equipos mencionados en el ítem anterior, teniendo en cuenta factores como calidad-precio.</p>	<p>Documentación de los equipos existentes en el mercado.</p> <p>Evaluación de costos, calidad y facilidad de implementación.</p>

Objetivos	Actividades	Entregables
	Documentar de qué manera se realiza la adquisición de datos y evaluar la viabilidad de la implementación.	Documentación relacionada con el modo adquisición de datos del equipo.

*Nota:* En la tabla 1 se presenta el plan de trabajo planteado con el fin de dar cumplimiento a los objetivos del proyecto.

#### 4.1 Seguimiento de la maquinaria del área de inyección

Con el propósito de dar cumplimiento al primer objetivo propuesto, que consiste en realizar un seguimiento a las máquinas del área de inyección, se hace uso del TVC (Informe de productividad) para alimentar una base de datos en Excel, esta permitirá llevar un control de la producción y del consumo energético de las máquinas de manera simultánea, llevando un registro del producto, tipo de molde, número de cavidades disponibles, periodo de tiempo en que se realiza cada inyección, temperatura, tiempo de enfriamiento, tiempo de parada con la respectiva descripción de sus causas y cantidad de piezas buenas producidas. Ver figura 1.

**Figura 1.** TVC (Informe de productividad)

Fecha	Lider	Turno	Máquina	Producto	Cód. Producto	Molde	# Cavs	Ciclo	Cantidad	Temp. °C
5/06/2023	Pablo León/Pablo Traslaviña	22:00 - 06:00	38	Bas_Dosf_Lateral_Anillo_Natural	1062	Iny-94	8	7	36000	24
5/06/2023	Nelson Castañeda/Jose Acevedo	14:00 - 22:00	38	Bas_Dosf_Lateral_Anillo_Natural	1062	Iny-94	8	7	30000	24
5/06/2023	Jesus Arenas/Jose Contreras	06:00 - 14:00	38	Bas_Dosf_Lateral_Anillo_Natural	1062	Iny-94	8	7	33000	24
4/06/2023	Pablo León/Pablo Traslaviña	22:00 - 06:00	38	Bas_Dosf_Lateral_Anillo_Natural	1062	Iny-94	8	7	36000	24
4/06/2023	Nelson Castañeda/Jose Acevedo	14:00 - 22:00	38	Bas_Dosf_Lateral_Anillo_Natural	1062	Iny-94	8	7	30000	24
4/06/2023	Jesus Arenas/Jose Contreras	06:00 - 14:00	38	Bas_Dosf_Lateral_Anillo_Natural	1062	Iny-94	8	7	33000	24
3/06/2023	Pablo León/Pablo Traslaviña	22:00 - 06:00	38	Bas_Dosf_Lateral_Anillo_Natural	1062	Iny-94	8	7	30000	24
3/06/2023	Hermes Anaya/Farley Lopez	14:00 - 22:00	38	Bas_Dosf_Lateral_Anillo_Natural	1062	Iny-94	8	7	33000	24
3/06/2023	Jesus Arenas/Jose Contreras	06:00 - 14:00	38	Bas_Dosf_Lateral_Anillo_Natural	1062	Iny-94	8	7	33000	24
2/06/2023	Pablo León/Pablo Traslaviña	22:00 - 06:00	38	Bas_Dosf_Lateral_Anillo_Natural	1062	Iny-94	8	7	36000	24
2/06/2023	Hermes Anaya/Farley Lopez	14:00 - 22:00	38	Bas_Dosf_Lateral_Anillo_Natural	1062	Iny-94	8	7	27000	24
2/06/2023	Jesus Arenas/Jose Contreras	06:00 - 14:00	38	Bas_Dosf_Lateral_Anillo_Natural	1062	Iny-94	8	7	33000	24
1/06/2023	Jose Acevedo	22:00 - 06:00	38	Bas_Dosf_Lateral_Anillo_Natural	1062	Iny-94	8	7	33000	24
1/06/2023	Hermes Anaya/Farley Lopez	14:00 - 22:00	38	Bas_Dosf_Lateral_Anillo_Natural	1062	Iny-94	8	7	36000	24
1/06/2023	Jesus Arenas/Jose Contreras	06:00 - 14:00	38	Bas_Dosf_Lateral_Anillo_Natural	1062	Iny-94	8	7	33000	24

*Nota:* La figura 1 muestra el informe de productividad (TVC) usado para realizar el seguimiento de la producción del área de inyección.

En conjunto con la tarea anterior, se alimentó una base de datos en Excel que permite monitorear las variables de consumo eléctrico de las máquinas a través de la instalación de un

analizador de redes que es turnado máquina por máquina durante cierto periodo de tiempo con el objetivo de abarcar la mayor cantidad de datos posible. Resulta relevante destacar que, dicha información es entregada por uno de los colaboradores de la compañía, quien realiza el registro de manera manual. En este caso, se digitalizó dicha información para posteriormente ser analizada.

La figura 2 presenta la base de datos construida con la información entregada por el analizador de red. En este caso, inicia con la fecha y hora en la que este fue instalado, así como la lectura inicial. Posteriormente, presenta la fecha y hora en la que fue retirado y la medición obtenida en ese instante. Seguidamente, se relaciona la inyectora monitoreada y, a partir de las lecturas inicial y final, se calcula la potencia activa en KW. De la misma manera, una vez obtenidos estos datos, calcula el tiempo total de parada durante el periodo en el que fue instalado el analizador y el total del tiempo de medición en horas para calcular la potencia consumida en KWh. Adicionalmente, se toman mediciones de voltaje y corriente de chiller y de torre para calcular la potencia total del sistema de enfriamiento, esta será dividida por el número de máquinas que trabajaron en el día y así, se obtendrá la potencia consumida por día.

**Figura 2. Base de datos analizador de redes**

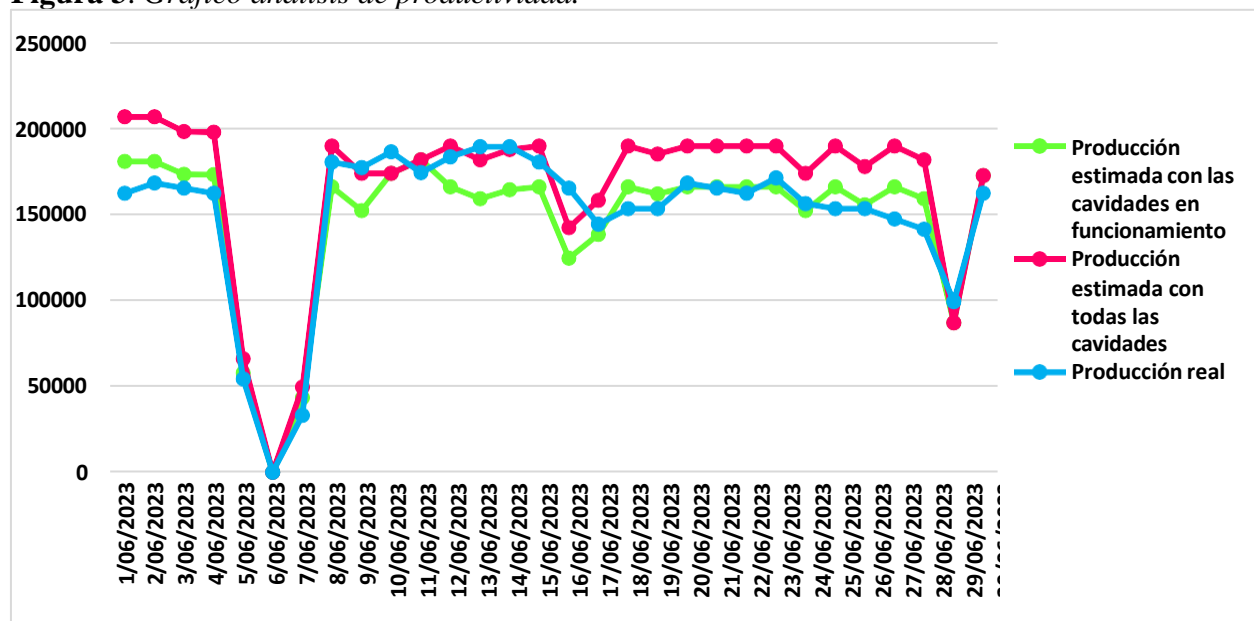
Fecha inicio	Hora inicial	Lectura actual inicio	Fecha final	Hora retiro	Lectura actual final	Máquina	Potencia activa KW	FP	K	Voltaje promedio	Tiempo total de parada	Tiempo total medido	Consumo Kwh	Lectura voltaje chiller	Lectura corriente chiller	Lectura voltaje torre	Lectura corriente torres	Potencia total sistema de enfriamiento	Número de máquinas trabajando	
30/01/2023	16:00	80366	1/02/2023	13:51	80494	I-57	128	0,950	4	380	4,25	45,51	3,10228	222	343,8	218	18,3	125195,5769	29	4,3170889
1/02/2023	15:50	80494	3/02/2023	16:08	80763	I-59	269	0,92	4	380	2	48,18	5,82503	221	343,7	218	18,1	124557,2295	29	4,2950769
3/02/2023	16:50	80763	6/02/2023	15:30	81187	I-61	424	0,91	4	384	0,5	70,3	6,0745	222	342,5	220	18,2	124768,4531	30	4,1589484
6/02/2023	14:00	81187	9/02/2023	15:34	81390	I-47	203	0,9	4	380	1,5	73,34	2,82572	223	341,8	218	18,1	124968,2972	32	3,9052593
9/02/2023	14:00	81390	13/02/2023	15:22	82756	I-58	1366	0,97	4	380	8,6667	97,22	15,4257	221	344,3	219	18	124758,0089	32	3,8986878
13/02/2023	14:22	82756	15/02/2023	14:00	83226	I-55	470	0,73	4	380	7,5833	67,38	7,85997	222	342,9	219	18	124810,2302	30	4,160341
15/20/2023	16:10	83226	17/02/2023	15:40	83625	I-50	399	0,86	4	390	5,3333	47,3	9,50755	221	343,8	218	18	124557,6972	32	3,892428
2/03/2023	16:34	83625	7/03/2023	9:43	83635	I-52	10	1	4	228	104	114,3	0,97087	221	343,7	218	18,3	124625,1952	29	4,2974205
7/03/2023	10:03	83635	1/03/2023	16:00	83980	I-46	345	0,35	4	381	20,583	198	1,94457	222	342,2	218	18,1	124573,9092	28	4,4490682
15/03/2023	16:30	83980	17/03/2023	15:00	84423	I-62	443	0,9	4	377	8,4167	56,3	9,25165	221	343,8	218	18,2	124625,6629	28	4,4509165
17/03/2023	15:00	84423	21/03/2023	14:00	85113	I-54	690	0,71	4	379	14,333	95	8,55372	222	342,7	218	18,2	124780,9239	30	4,1593641
21/03/2023	14:10	85113	23/03/2023	13:15	85374	I-53	261	0,87	4	382	3,5	47,5	5,93182	221	343,5	218	18,2	124522,3114	30	4,1507437
23/03/2023	13:30	85374	27/03/2023	13:00	85806	I-57	432	0,92	4	379	2,25	95,3	4,64267	223	343,6	218	18,2	125628,0007	28	4,4867143
11/04/2023	14:00	85806	13/04/2023	8:30	86048	I-53	242	0,32	4	380	0,6667	42,3	5,81265	220	343,5	218	18,2	123986,8479	26	4,7687249
13/04/2023	9:00	86048	15/04/2020	10:53	86334	I-39	286	0,53	4	220	0	48,5	5,89691	220	342,6	218	18,2	123678,1964	30	4,1226065
15/04/2023	11:00	86334	17/04/2023	14:10	86725	I-38	391	0,65	4	220	0	49,1	7,96334	220	342,6	218	18,2	123678,1964	30	4,1226065

Nota: La figura 2 presenta el consumo energético medido por el analizador de red.

### 4.2 Análisis de los informes de productividad (TVC)

Dado lo anterior, se realizó un análisis de productividad partiendo de la estimación de la producción teniendo en cuenta el tipo de molde montado y el número de cavidades de este, esto con el objetivo de realizar una comparación entre lo que se produjo y lo esperado, en este caso, haciendo uso de variables como el tiempo de parada de la máquina (h), el ciclo (s) y el número de cavidades en funcionamiento. La figura 3 presenta el gráfico de la producción del mes de junio de una de las máquinas del área de inyección, en este caso, la línea verde representa la producción estimada con las cavidades en funcionamiento, la roja la producción esperada teniendo en cuenta que el molde tuviera todas sus cavidades disponibles y, por último, la línea azul muestra la producción real.

**Figura 3.** Gráfico análisis de productividad.

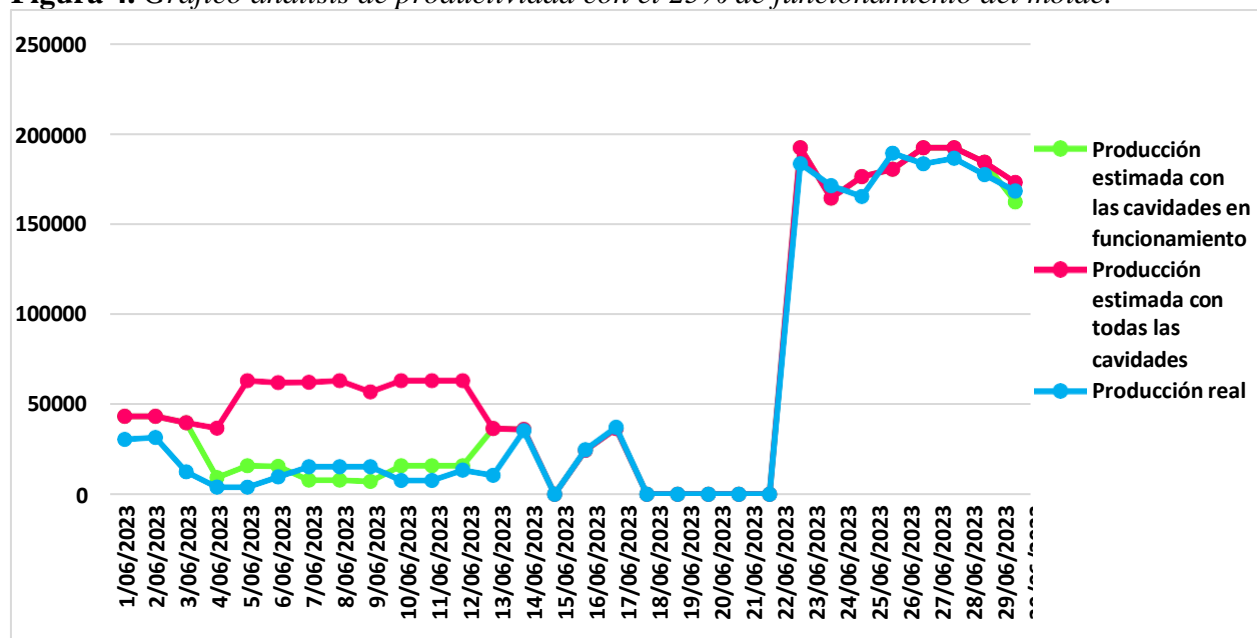


*Nota:* En la figura 3 se puede apreciar la producción estimada vs la producción real de la inyectora 49 durante el mes de junio.

A su vez, resulta importante mencionar que durante el proceso de inyección es común que se tapen cierto número de cavidades del molde debido a una obstrucción en el punto de inyección

o un fallo en la resistencia de calentamiento, haciendo que disminuya su eficiencia al producir una menor cantidad de piezas. Sin embargo, también es posible que se presente el caso contrario y se realice un paro de mantenimiento de la máquina para destaparlas. En ambas situaciones se verá afectada la producción, ya sea aumentado o disminuyendo. La figura 4 muestra la producción real vs la producción estimada de la inyectora 47 durante el mes de junio con el 25% de sus cavidades funcionando durante los primeros días. Posteriormente, se realiza una parada de mantenimiento y se destapan las cavidades tapadas, alcanzando un funcionamiento del 100%.

**Figura 4.** Gráfico análisis de productividad con el 25% de funcionamiento del molde.



*Nota:* La figura 4 muestra la producción estimada vs la producción real tras taparse cierto número de cavidades en el molde de la inyectora 47.

### 4.3 Evaluación y comparación de los equipos de medición existentes en el mercado que permitirán facilitar la adquisición de la información

En conjunto con estas actividades, se realizaron las respectivas cotizaciones para los medidores de energía, dando cumplimiento al objetivo número tres. En este caso, luego de evaluar distintas posibilidades con base en la disponibilidad de los proveedores locales, la facilidad de

compra y la pronta respuesta a la solicitud de información acerca del producto, se elaboró un cuadro comparativo para determinar cuál era la opción que mejor se adecuaba a las necesidades de la compañía; para esto, se tuvieron en cuenta ítems como protocolo de comunicación, facilidad de adquisición, interfaz y precio. La evaluación se realizó puntuando las características previamente descritas en un rango del 1 al 5, siendo 1 el más bajo y 5 el más alto. De la misma manera, se estableció que cada uno de los ítems tendría la misma relevancia para el proceso de selección.

**Tabla 2.** *Evaluación de medidor de consumo de energía.*

Analizador	Protocolo de Comunicación	Facilidad de Adquisición			Interfaz	Precio (COP)		
<b>Fluke 1773</b>	Ethernet, USB tipo A, USB C, Módulo Wifi/BLE, Módulo LTE74G, GPS	5	Fácil	5	Amigable con el usuario	4	\$43'962.000	1
<b>AMC96L-E4</b>	RS485 (Modbus-RTU)	3	Fácil	4	Amigable con el usuario	4	\$2'948.000	3
<b>EEM-MA770</b>	Modbus/TCP, Ethernet/IP	4	Fácil	4	Amigable con el usuario	4	\$2'346.680	5
<b>M4M 20 ABB</b>	Modbus RTU, Modbus TCP/IP, Profibus DP-V0, BACnet/IP	4	Fácil	4	Amigable con el usuario	4	\$2'796.500	3

*Nota:* En la tabla 2 se presentan los criterios establecidos para la selección del medidor de consumo de energía. A la derecha de cada ítem se encuentra la calificación asignada para cada característica con base en las necesidades del sistema.

Partiendo de la tabla 2, el dispositivo seleccionado fue el EEM-MA770 de Phoenix Contact, gracias a su relación calidad-precio y al soporte ofrecido por su proveedor, con un costo de \$2'346.680 COP de acuerdo con la cotización presentada por la empresa Coldecon, siendo este, el medidor que más se adapta a los requerimientos actuales de la planta. Resulta relevante mencionar que, por petición de los directivos del área, el protocolo de comunicación será de preferencia tipo

ethernet por compatibilidad de equipos, velocidad de transmisión de datos y escalabilidad de dispositivos.

**Figura 5.** *Analizador de red EEM-MA770*



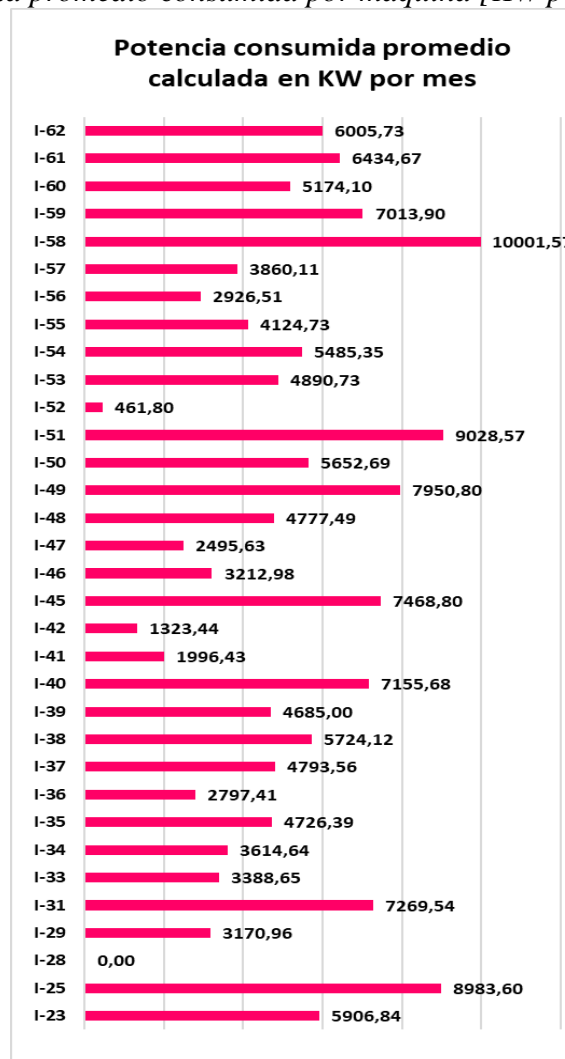
*Nota:* La figura 5 muestra el analizador de red seleccionado para la medición de consumo energético del área de inyección.

## 5. Resultados

### 5.1 Consumo de energía en el área de inyección

Luego de realizar las actividades previamente descritas, se calculó la potencia consumida en KW de cada máquina tal como se observa en la figura 6, partiendo de la potencia del sistema de enfriamiento, el voltaje periférico, la corriente no conectada a la máquina, el factor de potencia, tiempo de parada y potencia medida, todo esto, tomado por el analizador de redes.

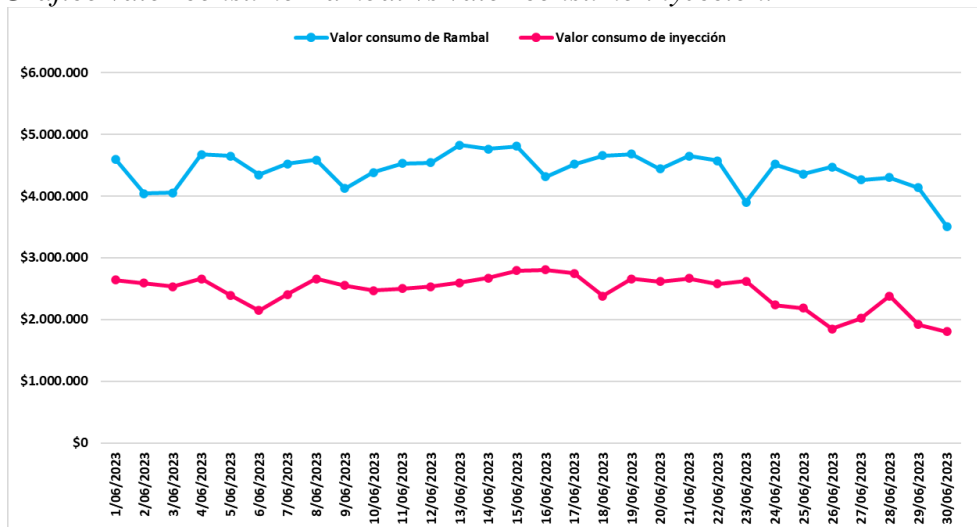
**Figura 6.** Gráfico potencia promedio consumida por máquina [KW por mes]



*Nota:* La figura 6 presenta la potencia consumida [KW por mes] por la maquinaria del área de inyección.

A su vez, se calculó el consumo de energía estimado para el área de inyección y, se realizó un comparativo de este con respecto a las demás áreas de la compañía. De esta forma, se llegó a la conclusión que dicha área representa el mayor porcentaje de consumo de energía eléctrica de la empresa, por lo que se estarán implementando estrategias que permitan reducir dicho porcentaje, y así dar cumplimiento a los objetivos dos y tres.

**Figura 7.** Gráfico valor consumo Rambal vs valor consumo inyección.



Nota: La figura 7 muestra el valor del consumo de energía de Rambal vs el valor del área de inyección.

**Figura 8.** Gráfico consumo de energía del área de inyección vs demás áreas.



Nota: La figura 8 presenta el gráfico de consumo de energía Gráfico consumo de energía del área de inyección vs demás áreas.

## **5.2 Matriz de relación costo de pieza inyectada en energía**

En conjunto con lo anterior, se realizó continuamente el seguimiento de la maquinaria, sin embargo, con base en la información previamente recopilada, se inició el análisis de datos que permitiría reducir el consumo energético del área de inyección. Para esto, se desarrolló una matriz que relacionaba la máquina y el molde montado.

Dado lo anterior, se encontró que un mismo molde podía ser montado en dos máquinas distintas y el consumo variaría, dando como resultado un mayor costo en términos de energía en una de ellas. Estos resultados fueron presentados en el comité de energía, donde se evidenció la importancia de tener en cuenta esta información para la programación mensual de la producción.

La tabla 3 presenta la matriz del mes de julio, donde se observa una reducción de hasta el 50% del costo en términos de energía por pieza inyectada al montar el molde Iny-107 en la inyectora 37, determinando así, que es más rentable producir la base lateral flip top genérico en la inyectora 37 que en la 58, esto debido a características propias de la máquina. Adicionalmente, es importante tener en cuenta que, además de la máquina en la que fue producida la pieza y el tiempo de parada, el costo energético de esta también dependerá de factores tales como el número de cavidades habilitadas en el molde, de esta manera, el color verde hace referencia a cavidades tapadas en ciertos días de la producción, por lo que se añadieron comentarios en estas para especificar la cantidad de cavidades con las que se contó así como los días en que estuvieron tapadas.

**Tabla 3. Matriz de relación costo de pieza inyectada en energía**

JULIO				
Molde	No. Cavidades	Producto	Máquina	Costo Pieza Inyectada
INY-05	6	Molde de Base Frontal	I-25	\$ 5,93
INY-13	4	Molde Base Lateral HPC	I-35	\$ 2,25
INY-55	8	Molde Base Lateral	I-36	\$ 1,28
INY-74B	4	Molde Base Lateral HPC 28mm 2G	I-52	\$ 1,96
INY-75	24	Molde Tapa Frontal	I-55	\$ 0,62
INY-83	24	Molde Tapa Lateral Flip Top	I-50	\$ 2,03
INY-89	8	Molde Base Lateral	I-31	\$ 1,19
INY-90	24	Molde Base Frontal	I-53	\$ 0,63
INY-94	8	Molde Base Lateral	I-38	\$ 1,04
INY-95	16	Molde Tapa Lateral con Anillo	I-37	\$ 0,74
INY-97	24	Molde Tapa Lateral Flip Top Genérico	I-50	\$ 1,32
INY-100	16	Molde Tapa Lateral con Anillo	I-37	\$ 0,85
INY-102	8	Molde Base Lateral	I-39	\$ 0,82
INY-105	8	Molde Tapa Frontal 38mm (Moinsoplast)	I-47	\$ 5,65
			I-52	\$ 5,92
INY-107	8	Molde Base Lateral Flip Top Genérico	I-37	\$ 1,01
			I-58	\$ 2,11

*Nota:* La tabla 3 presenta una muestra de la matriz de relación de costo de pieza inyectada en energía, con base en el molde montado en cada máquina durante el mes de julio.

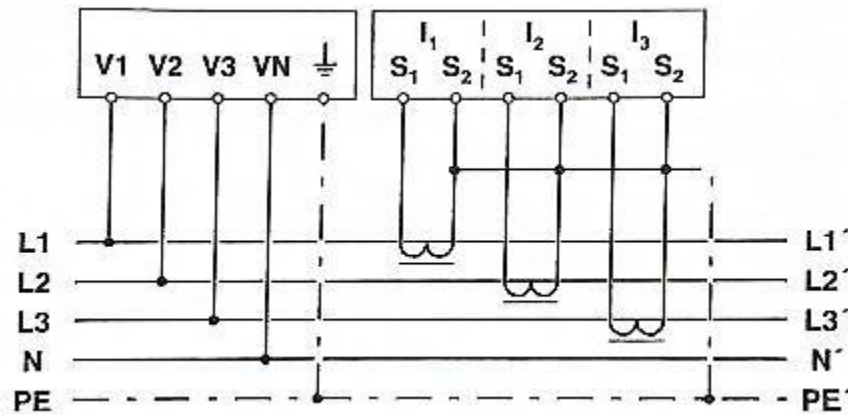
### 5.3 Analizadores de Red

Teniendo en cuenta lo anterior y, con el propósito de mejorar la eficiencia energética, se adquirieron una serie de analizadores de red. Adicionalmente, se decidió que posteriormente se adquiriría uno mes a mes, hasta alcanzar el número suficiente para lograr un mayor cubrimiento en todo lo relacionado al monitoreo del área de producción. Es así como fueron instalados dos analizadores en los tableros de chiller y uno en las inyectoras 23, 25, 50, 56, y 57, para un total de siete analizadores fijos hasta la fecha. A su vez, el antiguo analizador de redes seguirá usándose como medidor móvil para obtener la potencia consumida por los periféricos, específicamente, los moldes de colada mixta y colada caliente.

### 5.3.1 Diagrama de Conexión

Dado que se desea medir la potencia de manera trifásica, es necesario realizar la conexión del analizador tal y como se muestra en la figura 9.

**Figura 9.** Diagrama de conexión analizador de red.



*Nota:* La figura 9 muestra el diagrama de conexión del analizador de red para una configuración trifásica.

Como se observa, al ser una conexión de este tipo, se conectan tres transformadores, uno a cada línea en dirección al flujo de corriente, las señales S2 son conectadas en serie y a su vez, son llevadas a la conexión de tierra. En cuanto a los voltajes, estos son conectados línea a línea cumpliendo con las características de esta configuración.

### 5.3.2 Analizador de red instalado en tablero de chiller

Tal y como se expresó, se instalaron dos analizadores en el tablero de chiller, esto con el propósito de medir más específicamente la potencia consumida por estos, ya que, anteriormente, esta solo era estimada para los cálculos de consumo de energía del mes, obteniendo de esta forma un valor mucho más real y preciso.

La figura 10 muestra uno de los analizadores instalados en el tablero de chiller. Es importante destacar que, para esto, fue necesario adquirir tres transformadores de corriente de 300A a 5A, conectados uno a cada línea en dirección al flujo de corriente.

**Figura 10.** *Analizador de red instalado en tablero de chiller.*



*Nota:* La figura 10 presenta las conexiones realizadas para la instalación del analizador de red en el tablero de chiller.

**Figura 11.** *Lectura del analizador de red instalado en tablero de chiller.*

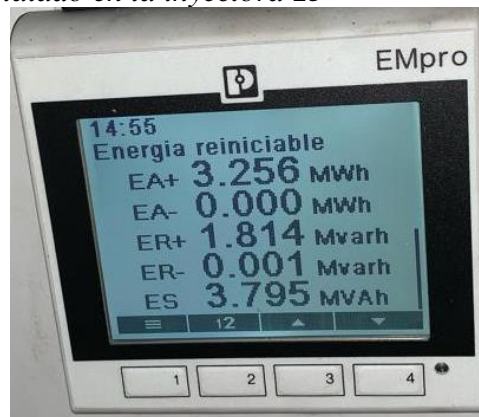


*Nota:* La figura 11 muestra la lectura del analizador de red instalado en el tablero de chiller.

### 5.3.3 Analizador de red instalado en las inyectoras 23,25,50,56,57

Así mismo, con el objetivo de obtener datos mas precisos acerca de la potencia consumida día a día en cada una de las inyectoras y, generando así, un monitoreo completo durante el mes, fueron instalados cinco analizadores de red en las inyectoras 23, 23, 50, 56 y 57 respectivamente siguiendo el diagrama de conexión presentado anteriormente tal y como se observan en las figuras 12,13,14, 15 y 16.

**Figura 12.** Analizador de red instalado en la inyectora 23

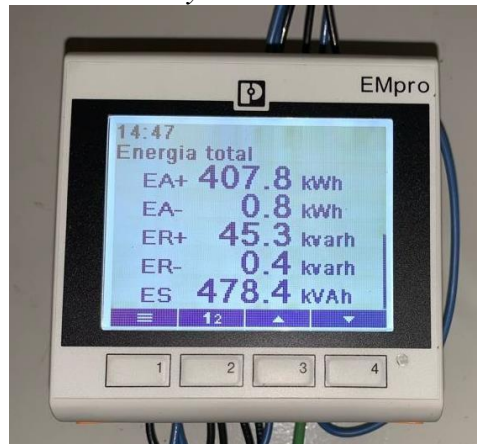


*Nota:* En la figura 12 se observa la lectura del analizador de red instalado en la inyectora 23.

**Figura 13.** Analizador de red instalado en la inyectora 25



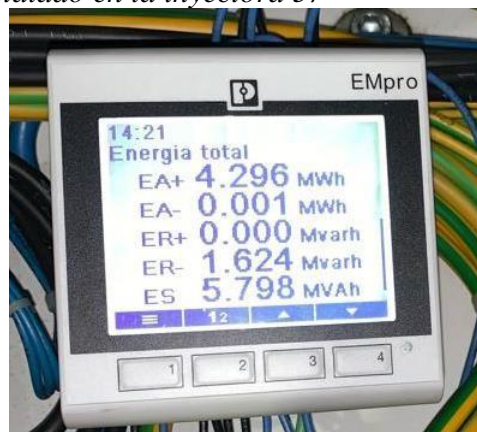
*Nota:* La figura 13 presenta la lectura del analizador de red instalado en la inyectora 25.

**Figura 14.** *Analizador de red instalado en la inyectora 50*

*Nota:* La figura 14 muestra la lectura del analizador de red instalado en la inyectora 50.

**Figura 15.** *Analizador de red instalado en la inyectora 56*

*Nota:* En la figura 15 se observa la lectura del analizador de red instalado en la inyectora 56.

**Figura 16.** *Analizador de red instalado en la inyectora 57*

*Nota:* La figura 16 muestra la lectura del analizador de red instalado en la inyectora 57.

### 5.3.4 Analizador de red móvil

Por su parte, tal y como se expresó con anterioridad, uno de los analizadores de red adquiridos es usado como analizador móvil, es decir, es instalado periódicamente en cada una de las máquinas del área de inyección, con el fin de monitorear el consumo energético de los equipos periféricos necesarios en este proceso.

**Figura 17.** Analizador de red móvil.



*Nota:* La figura 17 presenta el analizador de red móvil usado para medir la potencia consumida por los moldes de colada caliente y mixta.

Actualmente, es usado para medir la potencia consumida por la colada caliente y mixta usada en ciertos moldes, permitiendo realizar controles más exactos acerca del consumo real de cada máquina.

Teniendo en cuenta la información suministrada, se elaboró una matriz que presenta el consumo de los moldes en KW por día al ser montados en distintas máquinas tal como se observa en la tabla 4.

**Tabla 4.** *Matriz de consumo de molde (coladas)*

<b>Máquina</b>	<b>Molde</b>	<b>Consumo KW por día</b>
<b>I-23</b>	INY-96	14,303
<b>I-31</b>	INY-89	15,514
<b>I-37</b>	INY-95	12,58
<b>I-38</b>	INY-94	18,9
<b>I-39</b>	INY-102	16,541
<b>I-45</b>	INY-62	30,501
<b>I-46</b>	INY-117	40,752
<b>I-47</b>	INY-107	11,827
<b>I-49</b>	INY-110	38,95
<b>I-50</b>	INY-83	22,05
<b>I-51</b>	INY-118	33,93
<b>I-52</b>	INY-105	42,94
<b>I-53</b>	INY-90	15,97
<b>I-54</b>	INY-113	41,403
<b>I-55</b>	INY-75	26,416
<b>I-56</b>	INY-127	36,648
<b>I-58</b>	INY-107	12,1
<b>I-59</b>	INY-126	55,01
<b>Atemperador</b>	I-56	28,33
<b>Seleccionador de producto B.L.M</b>	INY-113	2,45

*Nota:* En la tabla 4 se muestra el consumo de los moldes de colada mixta y caliente montados en algunas de las inyectoras del área.

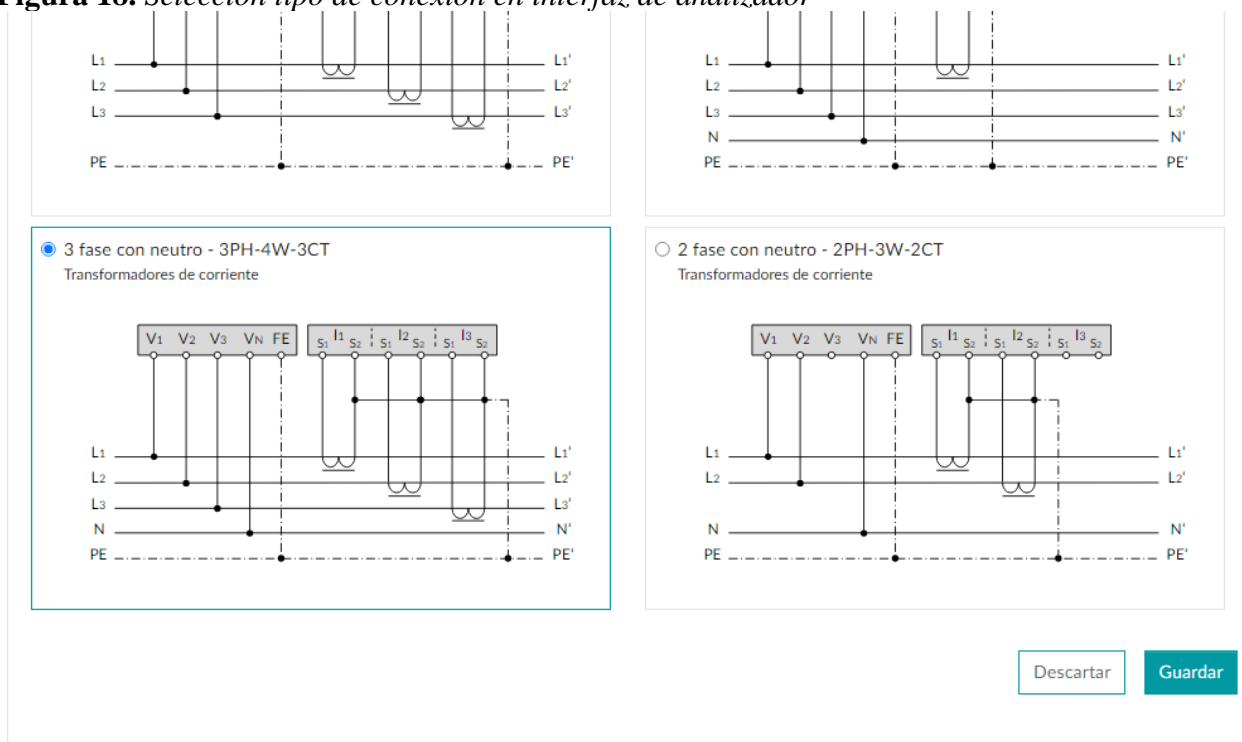
### **5.3.5 Adquisición de datos del analizador de red.**

Una vez instalados los analizadores, es necesario asegurarse de la correcta adquisición de datos. A través de la conexión por ethernet se accedió al aplicativo del medidor donde fueron seleccionados los parámetros a registrar, así como el tipo de red y el intervalo de tiempo en que se tomarían las lecturas.

### 5.3.5.1 Configuración del sistema de medición.

En primer lugar, el analizador permite seleccionar el tipo de conexión realizada para su instalación, esta dependerá directamente de los parámetros y variables que se deseen medir. Teniendo en cuenta que para esta aplicación era relevante obtener mediciones trifásicas, se seleccionó la conexión indicada en la figura 18.

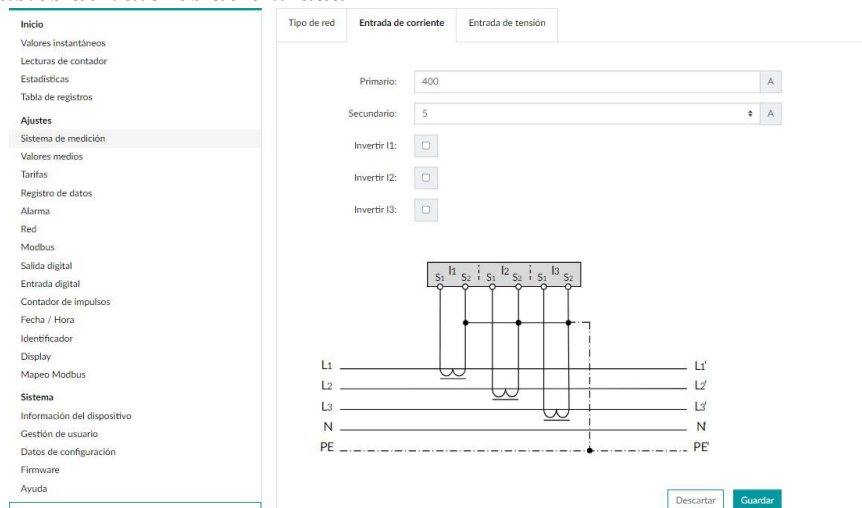
**Figura 18.** Selección tipo de conexión en interfaz de analizador



*Nota:* La figura 18 presenta el tipo de conexión seleccionada en la interfaz del aplicativo del analizador de red.

Tras haber elegido el tipo de red, se procedió con los ajustes de los valores de entrada de corriente y tensión como se observa en la figura 19.

**Figura 19.** Ajustes de valores de entrada



Nota: La figura 19 muestra la configuración de los valores de entrada del medidor.

### 5.3.5.2 Almacenamiento de datos

Luego de realizar la modificación del tipo de red y los valores de entrada de corriente y tensión, se verificó que el equipo tomara lecturas correctas de los valores indicados. En este caso, mediría parámetros de tensión de línea, tensión de fase, corriente, frecuencia, potencia activa, reactiva y aparente y factor de potencia, como se observa en la figura 20.

**Figura 20.** Valores instantáneos tomados por el analizador

Valores instantáneos	
<b>Tensión de conductor de fase</b>	<b>Tensión de fase</b>
U12: 228,71 V	U1: 132,01 V
U23: 227,51 V	U2: 131,55 V
U31: 228,19 V	U3: 131,58 V
UsysL: 228,14 V	UsysLN: 131,71 V
<b>Frecuencia</b>	<b>Potencia activa</b>
f: 59,95 Hz	P1: 61,94 W
	P2: 36,11 W
	P3: 0,00 W
	ΣP: 98,06 W
<b>Potencia aparente</b>	<b>Potencia reactiva</b>
S1: 126,76 VA	Q1: 50,70 var
S2: 66,73 VA	Q2: 7,17 var
S3: 0,00 VA	Q3: 0,00 var
ΣS: 193,02 VA	ΣQ: 57,88 var
	<b>Factor de potencia</b>
	PF1: 0,41
	PF2: 0,36
	PF3: 1,00
	PF: 0,40
	<b>Corriente</b>
	I1: 1,04 A
	I2: 0,60 A
	I3: 0,00 A
	I <sub>n</sub> : 0,87 A
	I <sub>sys</sub> : 0,55 A

Nota: La figura 20 presenta los valores instantáneos de tensión, corriente, frecuencia y potencia medidos por el analizador.

De la misma manera, se revisó el contador de energía comprobando su inicialización en cero, esto con el fin de corroborar que el analizador mida este parámetro durante el tiempo previsto y su lectura no se vea afectada por mediciones obtenidas en otros periodos. Como se observa en la figura 21, fue necesario reiniciarlo.

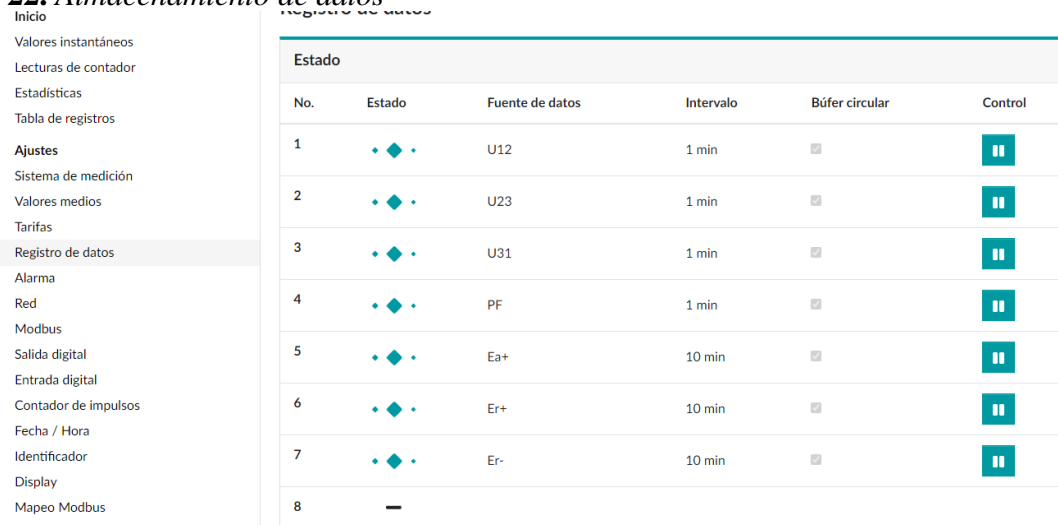
**Figura 21. Lectura de contador**



*Nota:* En la figura 21 se observa la lectura del contador de energía mostrado en el aplicativo del analizador.

Por último, se seleccionaron los valores a registrar, tales como las tensiones de línea, el factor de potencia y por supuesto, la energía consumida, así como el intervalo de tiempo en que el analizador almacenaría dichos datos.

**Figura 22. Almacenamiento de datos**



*Nota:* La figura 22 muestra las variables seleccionadas para la medición.

### 5.3.5.3 Lecturas obtenidas en las inyectoras 23, 25 y 57

Durante el mes de septiembre se obtuvieron las primeras lecturas de los analizadores instalados en las máquinas No.23, 25 y 57 del área de inyección, en este caso, el medidor fue configurado para capturar un solo dato por día y a la misma hora (garantizando un monitoreo las 24 horas), esto ya que el análisis de control de consumo de energía se realiza de manera diaria, por ende, el almacenamiento de una mayor cantidad de información resulta irrelevante en este momento. En caso de que sea necesario, se estará configurando el equipo para que registre una mayor cantidad de mediciones.

A continuación, la tabla 5 presenta una muestra de las mediciones registradas durante el mes de septiembre en la inyectora 23.

**Tabla 5.** *Mediciones obtenidas por el analizador de red en la inyectora 23*

Fecha	Consumo (KW por día)	Potencia Total (KW)
31/08/2023 15:56		0,12
1/09/2023 15:56	5,95	6,07
2/09/2023 15:56	5,1	11,17
3/09/2023 15:56	4,85	16,03
4/09/2023 15:56	4,8	20,83
5/09/2023 15:56	4,78	25,61
6/09/2023 15:56	4,86	30,47
7/09/2023 15:56	5,45	35,92
8/09/2023 15:56	5,42	41,34
9/09/2023 15:56	5,45	46,8
10/09/2023 15:56	5,51	52,31
11/09/2023 15:56	5,49	57,8
12/09/2023 15:56	5,46	63,27
13/09/2023 15:56	5,44	68,71
14/09/2023 15:56	5,48	74,19
15/09/2023 15:56	192,63	266,82
16/09/2023 15:56	34,05	300,88
17/09/2023 15:56	0	300,88
18/09/2023 15:56	0	300,88

Fecha	Consumo (KW por día)	Potencia Total (KW)
19/09/2023 15:56	0	300,88
20/09/2023 15:56	0	300,88
21/09/2023 15:56	0	300,88
22/09/2023 15:56	0	300,88
23/09/2023 15:56	0	300,88
24/09/2023 15:56	0	300,88
25/09/2023 15:56	0	300,88
26/09/2023 15:56	0	300,88
27/09/2023 15:56	0	300,88
28/09/2023 15:56	0	300,88
29/09/2023 15:56	0	300,88
30/09/2023 15:56	0	300,88
1/10/2023 15:56	244,99	545,87

*Nota:* La tabla 5 presenta las mediciones obtenidas por el analizador de red ubicado en la inyectora 23 durante el mes de septiembre.

Como se observa en la tabla 5, todos los datos almacenados fueron medidos a las 15:56, sin embargo, los turnos del área de producción inician a las 06:00, razón por la cual, se realizó un ajuste en la hora de adquisición ya que se generaban ciertas discrepancias en la información puesto que, el consumo diario no coincidía con el esperado tras tener en cuenta el tiempo de parada de la máquina.

### **5.3.6 Sistema de adquisición**

Finalmente, luego de cotizar en distintas compañías acerca del costo de los equipos de medición para su implementación a gran escala, es decir, cubriendo el área de inyección en su totalidad y, realizando un monitoreo continuo de la maquinaria, se obtuvo que el precio total del sistema sería de aproximadamente \$87.693.300,00 COP en una primera instancia, de acuerdo con los ítems expresados en la tabla 6.

**Tabla 6.** *Precio de equipos y materiales*

<b>Precio Equipos y Materiales</b>			
<b>Materiales</b>	<b>Cantidad</b>	<b>Precio Unitario</b>	<b>Total</b>
<b>Transformador MSQ 54190 100/5A</b>	99	\$ 23.824	\$ 2'358.576
<b>Transformador MSQ 54300 300/5A</b>	3	\$ 31.154	\$ 93.462
<b>Transformador MSQ 54400 400/5A</b>	3	\$ 31.154	\$ 93.462
<b>Medidor EEM-MA770</b>	35	\$2'346.680	\$ 82'133.800
<b>Cable Encauchetado 4x16 AWG</b>	500 m	\$6.028 (por metro)	\$ 3'014.000
			\$ 87'693.300

*Nota:* En la tabla 6 se presenta el precio de los equipos y materiales necesarios para la implementación del sistema de monitoreo en el área de inyección.

Los 35 analizadores corresponden al cubrimiento de la maquinaria y a los tableros eléctricos del sistema de enfriamiento, de los cuales 33 se ubicarían en las inyectoras, mientras que los dos restantes se encargarían de medir la potencia consumida por los chillers. Para la instalación de dichos equipos, es necesario contar con tres transformadores por analizador, en este caso, de acuerdo con los datos técnicos de la maquinaria serán de 100A a 5A para las inyectoras, de 400A a 5A para uno de los tableros de chiller y otro de 300 a 5A para el restante. A su vez, es necesaria la adquisición de cableado para realizar las conexiones eléctricas, para ello, se hará uso de cable encauchetado 4x16 AWG.

Es importante destacar que, este sería el costo que asumiría la compañía por la obtención de la información, sin embargo, el monitoreo continuo del área de inyección por sí solo no garantizaría una reducción del consumo de energía de la planta. Por consiguiente, la verdadera importancia de estos datos radica en el conocimiento real del consumo de potencia tanto de la maquinaria como de los equipos periféricos, esto ya que muchos de los valores resultaban siendo nada más que una estimación, razón por la cual los costos de energía por pieza inyectada se basaban solo en aproximaciones. Con la información obtenida por el sistema de monitoreo, no solo es posible calcular el valor real del costo de energía por pieza, sino que también permite una programación consciente de los moldes. Lo anterior, facilita la disposición de estos de manera

eficiente, de modo que, las piezas que requieran un ciclo de producción más alto se asignen a las máquinas más adecuadas para este tipo de producción. Esto se evidenció previamente a pequeña escala en la matriz de relación del costo de pieza inyectada en energía.

Para mejorar la obtención de información, mediante la interconexión de los analizadores, se requiere la asistencia del departamento de Tecnologías de la Información (TIC), ellos serán los encargados de las conexiones de los medidores a la red de la compañía, permitiendo así monitorear la información de manera remota tras diligenciar la IP configurada para cada equipo en un computador.

## 6. Conclusiones

Mediante la instalación de los nuevos analizadores de red se facilitaría el control del consumo energético del área de inyección esto, tras tomarse la lectura de la potencia consumida por cada una de las inyectoras, el sistema de enfriamiento y los equipos periféricos.

Es imprescindible que el almacenamiento de los datos tomados por el medidor se realice de acuerdo con el horario en que inicia la producción, ya que al no estar sincronizada la información con la base de tiempo se pueden presentar discrepancias entre los datos obtenidos y el tiempo de parada de las máquinas.

La propuesta presentada para la implementación de un sistema de monitoreo completo permitiría realizar una programación adecuada de los moldes, ubicándolos de manera eficiente en las máquinas que mejor se adapten a sus necesidades tras la obtención de los valores reales de potencia consumida.

Una vez obtenidos los valores reales de la potencia consumida por la máquina y los equipos periféricos se podría calcular el costo en energía de cada pieza inyectada con base en las mediciones y los informes presentados por el área de producción. A su vez, esta información resultaría relevante para el departamento de finanzas de la compañía ya que, a partir de esto, se podría replantear el precio de costo y venta del producto.

### Referencias

- [1] Rambal, S.A.S BIC. (2023). Disponible en: <https://rambal.com.co/>. Accedido: Jul. 07, 2023.
- [2] Arquí, P., & Vallejo, B. (2019). Implementación de un analizador de redes trifásico a bajo costo. *Investigación Tecnológica IST Central Técnico*, 1(1), 28-41.
- [3] Norma Técnica Colombiana. Ntc 900: Reglas Generales Y Especificaciones Para El Alumbrado Público (Tercera Actualización).
- [4] Muñoz, D. R. (2023). ¿Qué son y cómo funcionan las inyectoras de plástico? *Plástico*. Disponible en: <https://www.plastico.com/es/noticias/que-son-y-como-funcionan-las-inyectorasde-plastico>. Accedido: Jul. 07, 2023.
- [5] Manual de Usuario. Instrucciones de montaje para el instalador eléctrico. Disponible en: <https://www.phoenixcontact.com/en-pc/products/measuring-instrument-eem-ma770-2907945>. Accedido: Jul. 17, 2023.
- [6] Cervantes Roa, Ó. M. (2015). Metodología de medición de calidad de energía eléctrica en base a normas nacionales e internacionales para la Universidad de la Costa-CUC. [%20de%20grado%20\(final\).pdf?isAllowed=y&sequence=1](#).
- [7] Users Manual. 3 Phase Power Quality Analyzer. Fluke.com. Disponible en: <https://www.fluke.com/en/product/electrical-testing/power-quality/1773-1775-1777#>. Accedido: Jul. 17, 2023.
- [8] Technical Parameter. AMC Series Programmable. Cloudfront.net. Disponible en: <https://dedjh0j7jhutx.cloudfront.net/1446074178112364544/af21db41c4b887dc5101e0620da62bea.pdf>. Accedido: Jul. 17, 2023.

[9] Users Manual. Network analyzer M4M 20. Disponible en:

<https://search.abb.com/library/Download.aspx?DocumentID=2CSG445032D0201&Language>

Code=en&DocumentPartId=&Action=Launch. Accedido: jul. 17, 2023.

[10] Castro, I. (2020). Analizador de redes trifásicas (Bachelor's thesis, Universitat Politècnica de Catalunya).