

# **CAPÍTULO IV**

## **AUDITORIA PRELIMINAR**

La Auditoria Preliminar es el primer paso para la implementación de un programa de conservación y uso racional de la energía. Ésta esencialmente consiste en la recopilación de los primeros datos obtenidos en la empresa, a través de personas competentes, parte de la misma o por lo observado en varios recorridos a las instalaciones, su análisis ayuda a identificar los sistemas de mayor consumo energético y plantear posibles alternativas para disminuirlos. En esta etapa se usa sólo datos que son disponibles en la planta y la parte técnica es realizada sin la ayuda de la instrumentación moderna.

Esta etapa del proyecto se la realizó entre los meses de Marzo a Junio del 2004 en las plantas industriales de EMPAQPLAST S.A. (planta 1 y planta 2) los resultados y recomendaciones que se proponen en el presente documento se basan en las condiciones normales de operación registrados en los días que se estuvo presente en la planta. Un gran apoyo para que la auditoria preliminar tenga éxito, es la participación del personal técnico, administrativo y operadores.

### **4.1 Objetivo de la auditoria preliminar**

El objetivo principal que tiene la auditoria preliminar es realizar una primera evaluación de las condiciones energéticas de la planta de EMPAQPLAST S.A., en el cual, mediante el seguimiento de la auditoria se deberá recolectar información como la descripción de los procesos de producción, datos generales de consumo y costo de energía, asimismo se recopilarán datos generales de producción.

## 4.2 Descripción del proceso de producción de la planta

EMPAQPLAST S.A. tiene sus productos basados en plástico, siendo sus principales procesos de producción en sus dos plantas el de inyección, extrusión, soplado (convencional, biorientado, PET), e impresión, además presenta equipos auxiliares tales como torre de enfriamiento, chillers y compresores, a continuación se detallará cada proceso<sup>1</sup> y se describirá los equipos auxiliares.

### Proceso de Inyección

El proceso de inyección se fundamenta en fundir un material plástico y hacerlo fluir hacia un molde, a través de una boquilla en la máquina de inyección<sup>2</sup>, en donde llena una cavidad que le da una forma determinada permitiendo obtener una amplia variedad de productos. El moldeo por inyección es la técnica de procesamiento de mayor uso para la transformación de plásticos. Su popularidad radica en la versatilidad para obtener productos de variadas geometrías y para diversos usos.

En la actualidad, la mayoría de las máquinas inyectoras utilizan el principio del tornillo de Arquímedes para plastificar y moldear el material. En un tornillo de inyección se produce el fenómeno de plastificación debido al calor generado por la fricción del material con las paredes del cabezal y por el aporte de calor de las resistencias eléctricas alrededor del cabezal.

La inyección es un proceso secuencial que está conformado por un conjunto de etapas que se denomina ciclo de inyección<sup>1</sup>. El parámetro más importante, desde el punto de vista económico, es la duración o tiempo de ciclo<sup>1</sup>, pues finalmente de este dependen la productividad y el costo del proceso. La Figura 4.1 muestra un ciclo del proceso de inyección

---

<sup>1</sup> Ver Anexo 8

<sup>2</sup> Ver Anexo 2

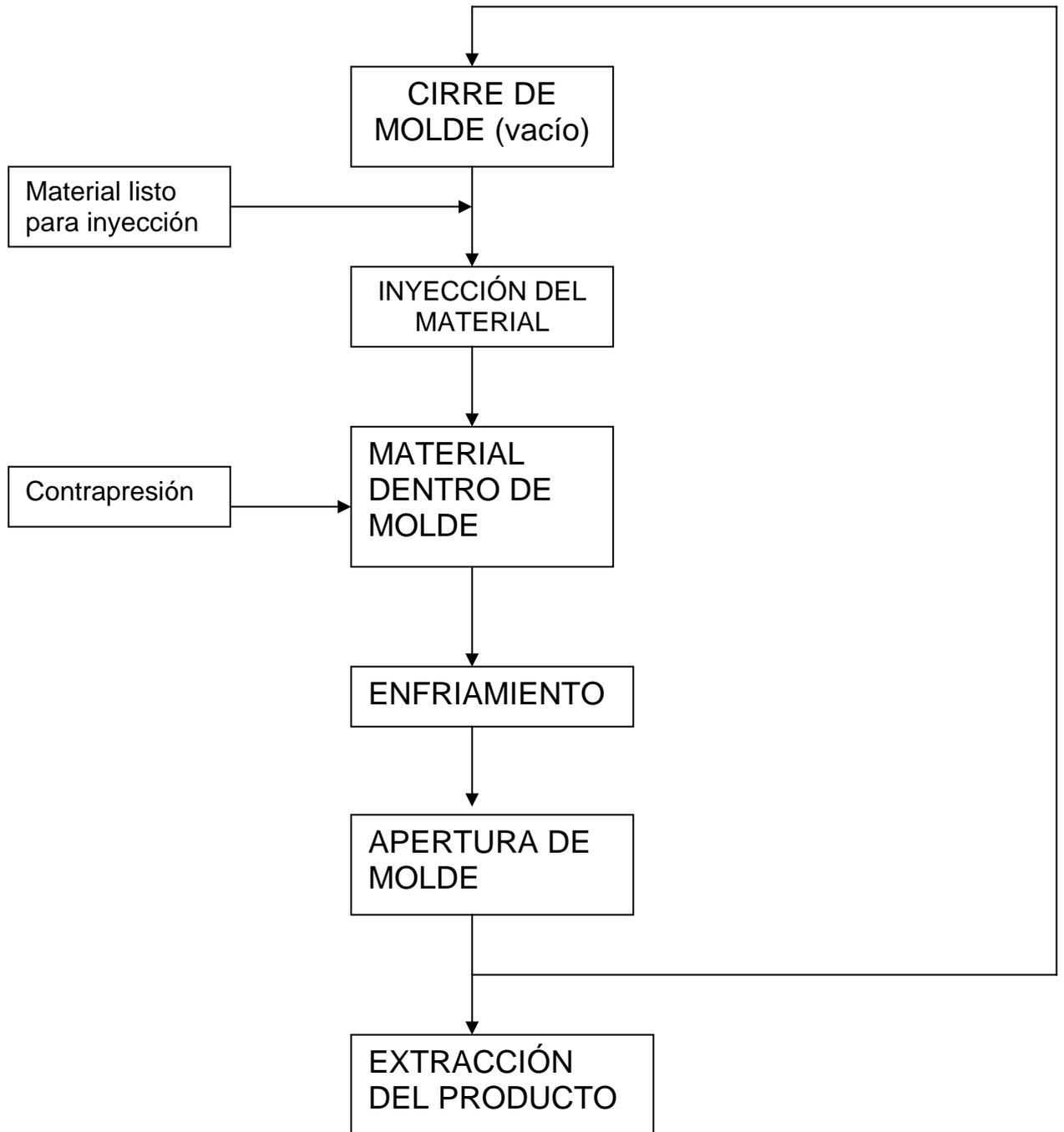


Figura No. 4.1 Diagrama del proceso de Inyección

## Proceso de Soplado

### Soplado Convencional:

El moldeo por soplado es el proceso a través del cual se realizan productos huecos mediante la expansión de un plástico caliente (fundido) denominado Parison, transformada en una preforma hueca y llevada a un molde final en donde, por la introducción de aire a presión en su interior, se expande hasta tomar la forma del molde, finalmente es enfriada y expulsada como un artículo terminado. Para la producción de la preforma se puede considerar como un proceso conjunto utilizando el proceso de extrusión, permitiendo que el proceso de soplado se divida en dos grupos distintos: Inyección o Soplado y Extrusión, aproximadamente el 75% de los procesos son de moldeo por soplado por extrusión y el 25% restante son de moldeo soplado por inyección. Los distintos procesos de moldeo por soplado brindan diferentes ventajas en cuanto a la producción de diversos productos, teniendo en cuenta el material utilizado, el rendimiento requerido, el volumen de producción y los costos. Productos como el Polietileno, Polipropileno, Poliuretano, PVC y PET pueden ser moldeados por soplado sin ningún tipo de problemas.

Para la obtención de artículos huecos por esta vía, la resina polimérica es alimentada a la tolva de un extrusor, de ahí pasa al interior de un cañón, se plastifica y homogeniza por medio del husillo con los pigmentos y otros aditivos que también hayan sido alimentados, siendo únicamente restringido el uso de cargas o refuerzos, ya que estos últimos generalmente provocan la ruptura de las paredes del artículo cuando está en la etapa de soplado.

El material ya homogéneo y completamente plastificado, pasa al molde que, de manera similar a la extrusión de tubería, produce una preforma tubular con dimensiones de pared controladas para que la pieza final cumpla con las dimensiones de espesor requeridas.

La producción de esta preforma (Parison) debe ser invariablemente vertical y descendente, ya que no existe ninguna guía que le pueda ofrecer

alguna orientación, mientras que el tiempo empleado desde que comienza a salir del molde hasta que tiene la dimensión precisa para continuar con el ciclo, está limitado al momento en que la primera porción de plástico extruido se enfría, perdiendo características para ser moldeado.

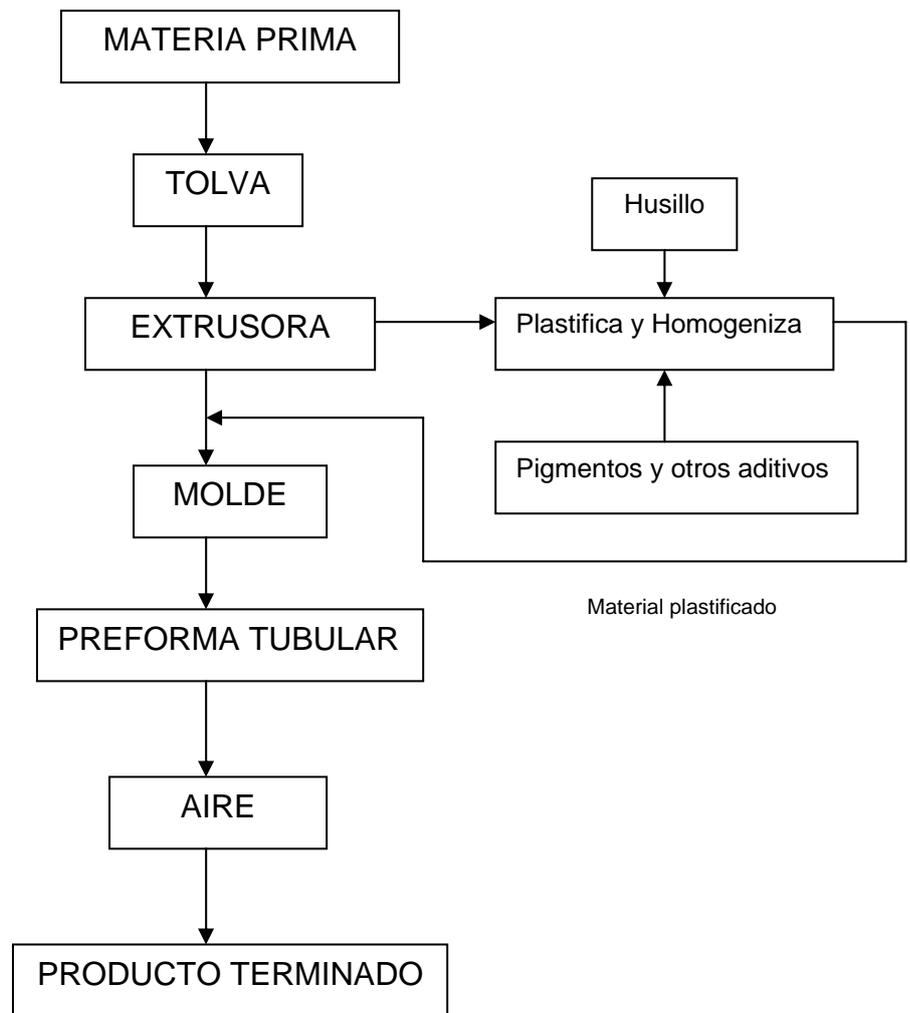
Llegando a la longitud de preforma óptima, que es ligeramente mayor a la longitud del molde que forma la pieza final, entra en acción el mecanismo que cierra las dos partes del molde para dejar confinado el parison en éste. Durante su movimiento, el molde a más de rodear al parison, lo prensa por uno de sus extremos provocando el sellado de las paredes del tubo, debido a que el plástico se encuentra aún arriba de su temperatura de reblandecimiento.

El diseño del molde puede incluso cortar el material sobrante por debajo de éste, formando así, la característica línea o costura en la base de todo recipiente obtenido por extrusión – soplado. El otro extremo del parison permanece abierto, pues es necesario para las etapas posteriores.

En la tercera fase del proceso se introduce una boquilla por el extremo abierto del molde y en el interior del parison, se inyecta aire a presión, obligando a la preforma a extenderse hasta alcanzar las paredes del molde, donde se enfría y conserva la forma interior del molde. La boquilla de inyección del aire crea al mismo tiempo la estructura final del cuello y boca del recipiente.

Es importante señalar que durante el proceso de expansión de la preforma hacia las paredes del molde, el espesor de la pared sufre una reducción por el aumento del área superficial.

En la última fase del ciclo de soplado, el molde se separa exponiendo al recipiente terminado a una temperatura en que es estable dimensionalmente, para ser entonces expulsado por su propio peso o por el aire a presión que aún se encuentra en su interior. Generalmente, el tiempo invertido en las dos últimas etapas tarda lo suficiente para que en el molde haya extruido y soplado una nueva preforma, siendo necesario que el molde recién liberado del producto tenga que moverse hacia la recepción del nuevo material, para iniciar un nuevo ciclo productivo como se muestra en la figura 4.2.



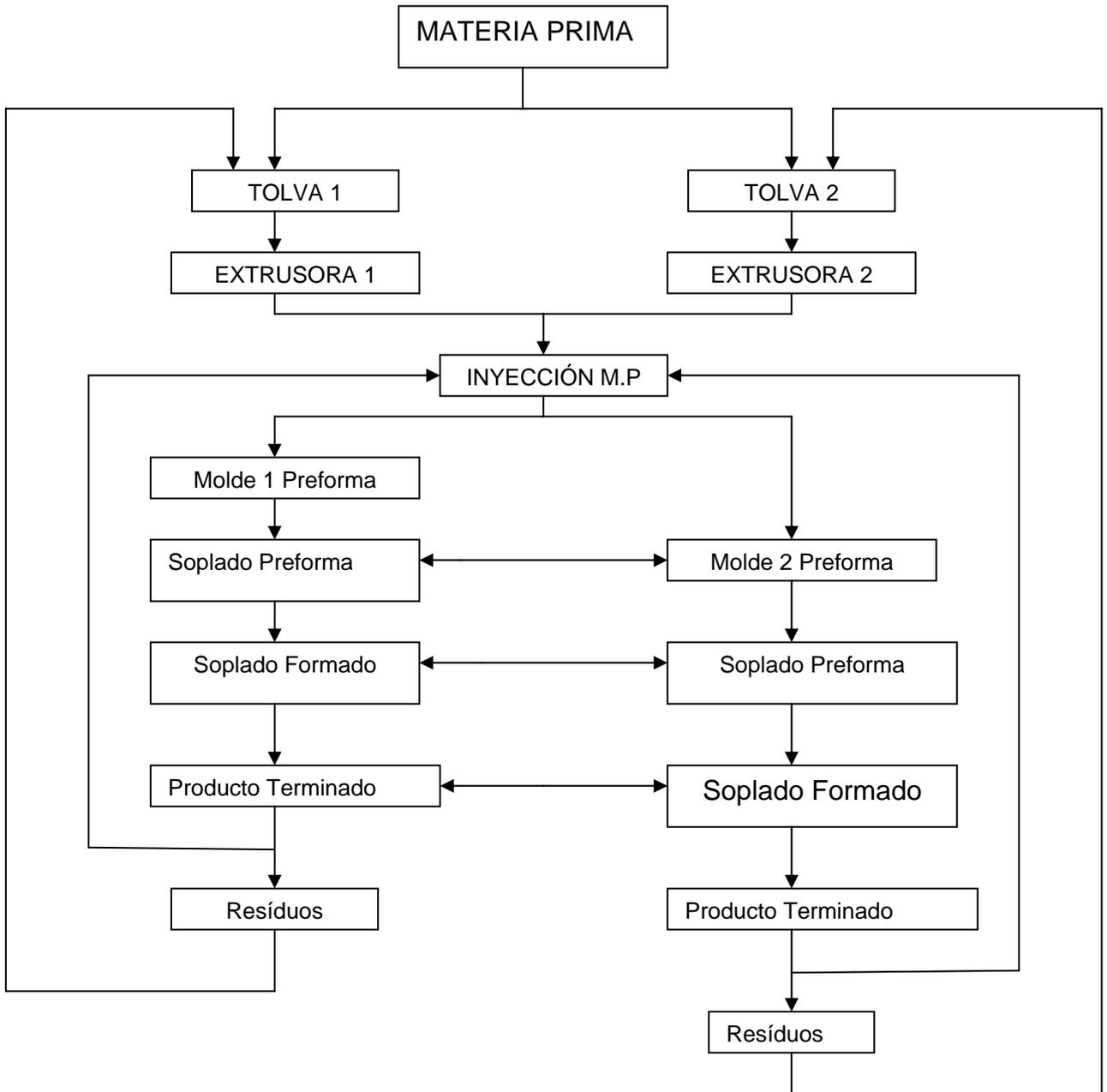
**Figura No. 4.2 Diagrama del Proceso de Soplado Convencional**

El diagrama de la figura 4.2 muestra un proceso de soplado convencional, el cual termina al momento de expulsar el producto terminado y comenzar un nuevo ciclo, éste proceso es el básico para el soplado con otro tipo de material, EMPAQPLAST posee además del soplado convencional, posee el *soplado biorientado* y el soplado de *PET*.

*Soplado Biorientado:*

El *soplado biorientado* se lo realiza en las máquinas BEKUM BK 01, BK 02 y BK 03 que se encuentran en la Planta N°1, este proceso se basa en el soplado convencional, asimismo, arranca el ciclo con la alimentación de la resina polimérica en la tolva para luego pasar al cabezal de extrusión, el cual inyecta en una primera instancia el material en el molde de preforma, inmediatamente este molde pasa hacia una etapa de soplado donde queda conformado la preforma que tiene similitud con un tubo de ensayo, enseguida pasa a la sección de formado para que en esa etapa se introduzca aire a

presión y la preforma toma la forma del molde para posteriormente ser expulsado como producto terminado, este tipo de máquinas poseen un mecanismo para extraer los excesos de material, los mismos que son depositados en una banda transportadora que los lleva aun molino y posteriormente a la recirculación. Este proceso lo realizan simultáneamente dos cámaras en el mismo equipo como se muestra en la figura 4.3.



**Figura No. 4.3 Diagrama del Proceso de Soplado Biorientado**

### Soplado PET:

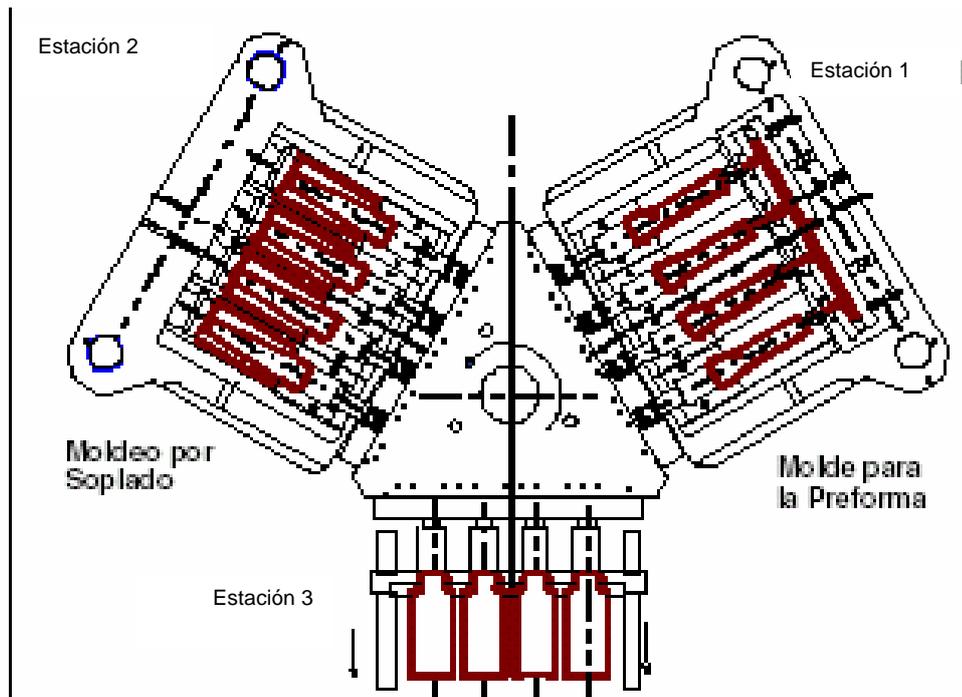
Otro grupo de equipos lo conforman el soplado de *PET*, este proceso lo tienen las máquinas AOKI I, II y III presentes tanto en la planta N°1 (AK 01 y 02) como en la planta N° 2 (AK 03), estas máquinas tienen un proceso un poco especial la esencia no se diferencia mucho, pero la forma si varía un poco.

El alma del proceso es una mesa triangular giratoria, que rota en pasos de 120 grado. En la cara horizontal de la mesa se instalan unas agujas especiales (varillas) donde se hace la preforma que más adelante se sopla para convertirla en un envase terminado.

En una primera etapa, se encuentra el molde para la preforma, es aquí donde el material fundido se inyecta a presión baja a la cavidad, donde se forma el parison alrededor de la aguja (varilla), en esta etapa se completa el acabado del cuello a tolerancias precisas.

Después del acondicionamiento de la preforma, los moldes se abren y la preforma en su aguja es transferida a la segunda etapa (giro de 120°), es aquí donde el moldeo por soplado se lleva a cabo. La cavidad del molde define la forma y acabado del envase, la preforma se sopla con aire que pasa a través de la varilla. Al ponerse en contacto el plástico con el molde frío, se produce el moldeo final, así como se muestra en la figura 4.4.

El molde entonces se abre y el producto acabado se transfiere en su aguja (varilla) a la tercera etapa (giro de 120°), aquí los envases son retirados de la aguja y empacados para su distribución.



**Figura No. 4.4 Estaciones del Proceso de Soplado para PET**

A diferencia de los equipos vistos hasta el momento, en la planta N° 2 existe el proceso PET, pero con la diferencia que la preforma se la da en una máquina inyectora, totalmente aparte de donde se realiza el formado del producto.

En este proceso de soplado de botellas, se reciben las preformas, las cuales se elaboran bajo un proceso de inyección del PET y tienen la forma de un tubo de ensayo, formada la boca con una cuerda destinada para aplicar posteriormente la tapa – rosca y un anillo en la parte inferior que se usa para el transporte neumático de los envases. El peso y la longitud de las preformas varía de acuerdo al tamaño final del envase.

Las preformas se las recibe en fundas grandes, las cuales están sobre una base de madera para luego poder ser transportadas con el montacargas hacia las tolvas y desde ahí son elevadas las preformas al alimentador lineal de la máquina sopladora. Dicha máquina toma en forma individual a cada preforma que es colocada en un husillo y éste a su vez las transporta con un movimiento de rotación a través de un túnel de calefacción para ser calentadas hasta su punto de moldeo. Dentro del túnel se cuenta con unas lámparas

infrarrojas de cuarzo para calentar a las preformas y se tienen diversas zonas de calefacción a lo largo del mismo para poder dar la distribución del calor en toda la longitud de la preforma al ser moldeadas.

Al salir del túnel en una forma mecánica se transfiere cada preforma a su molde, donde se realizado el presoplado y estirado del material, para que ésta sea biorientado. A continuación se efectúa el soplado de este material, con aire a alta presión, entre 35 a 40 bares para hacer llegar al material contra las cavidades del molde. Al mismo tiempo cada molde es refrigerado con agua fría entre 8 a 10 °C para su desmoldeo y de esta forma poder extraer ya el producto terminado, para que posteriormente sean etiquetados y empacados.

### **Proceso de Extrusión**

Es un proceso continuo, en el que la resina, fundida por la acción de la temperatura y fricción<sup>3</sup>, es forzada a pasar por un molde que le proporciona una forma definida, y enfriada finalmente para evitar deformaciones permanentes. Se fabrican por este proceso: tubos, perfiles, películas, mangueras, láminas, filamentos, etc.

Presenta alta productividad y es el proceso más importante de obtención de formas plásticas en volumen de producción. Su operación es de las más sencillas, ya que una vez establecidas las condiciones de operación, la producción continua sin problemas siempre y cuando no exista un disturbio mayor.

La restricción principal es que los productos obtenidos deben tener una sección transversal constante en cualquier punto de su longitud. La mayor parte de productos obtenidos de línea de extrusión requieren de procesos posteriores con el fin de habilitar adecuadamente el artículo, como en el caso del sellado y cortado, para la obtención de fundas individuales a partir de película tubular.

---

<sup>3</sup> Ver Anexo 2, fig. 2.4.1

EMPAQPLAST S.A. tiene para su producción extrusoras para fabricar película tubular, este es un proceso continuo con el cual se obtiene el producto de configuración definida, compactando y forzando al material fundido a través de un molde, el cual produce una forma deseada, en este caso, película de polietileno en forma tubular, la cual es jalada por una torre en forma vertical para su enfriamiento con aire.

Cuando la película tubular ha sido enfriada, pasa por una serie de rodillos<sup>4</sup> para estirada y posteriormente embobinada, para luego pasar a los diferentes procesos, ya sean estos impresión, corte, sellado, o simplemente empacado, la figura 4.5 muestra este proceso con sus distintos destinos.

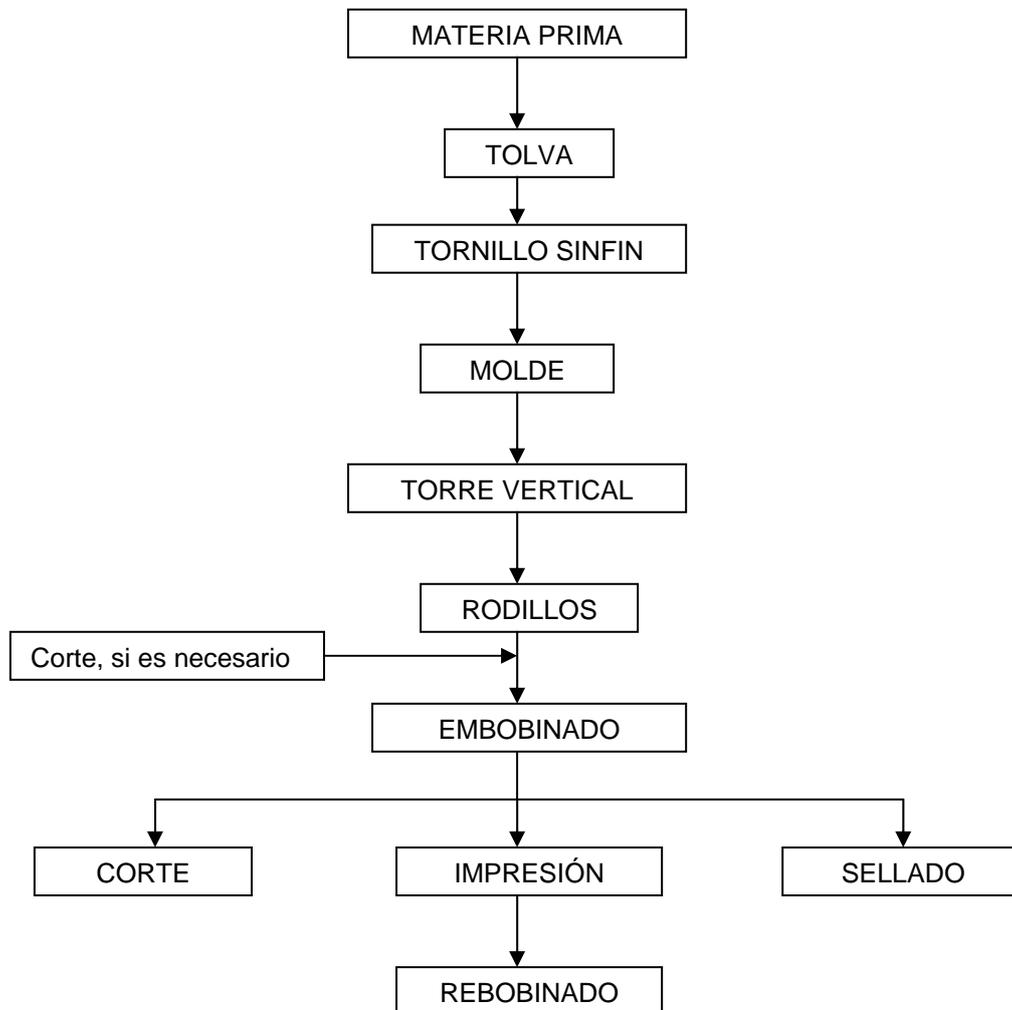


Figura No. 4.5 Diagrama del proceso de Extrusión.

<sup>4</sup> Ver Anexo 2, fig. 2.4.2

## Proceso de Impresión (Flexografía)

La impresión de plásticos ha requerido de técnicas específicas que, aunque derivadas de la impresión de papel, han requerido de importantes modificaciones para tener en consideración las características diferenciales del soporte. Aunque se avanza cada vez más en el desarrollo de películas de plástico que pueden llegar a sustituir al papel, los equipos de impresión para los materiales actuales tienen importantes características diferenciales.

Dentro del proceso la película es obligada a ponerse en contacto con el rodillo grabado<sup>5</sup>, por medio de uno de hule, y recoge la tinta que está en los huecos para luego pasar a la zona de secado, la presión correcta del rodillo es aquella que hace que se vacíen los huecos.

La característica principal es el control exacto de tinta que permite impresiones definidas y homogéneas. La flexografía es un sistema de transferencia de tinta en donde se usa un chicle de hule<sup>6</sup>, o fotopolimérico, como medio de transferencia de la impresión. La unidad elemental consta de 4 rodillos. El rodillo N° 1 es de hule natural, y está sumergido en una charola con tinta que es arrastrada en su movimiento y exprimida por medio del rodillo N° 2, éste último está grabado y en sus huecos queda tinta después de ser exprimido el exceso, tanta como lo permite la presión aplicada con el rodillo, estos dos rodillos forman el sistema entintador.

Esta tinta es aplicada al chicle que está montado en el rodillo N° 3, por medio de una tela con adhesivo en ciertas caras. Entre este rodillo y el N° 4 (rodillo de contrapresión) va el material por imprimir que está impedido de deslizarse en el rodillo N° 4, por un rodillo de hule. La tinta que va todavía húmeda en el chicle la toma la película y ésta sigue su camino hacia la zona de secado. Normalmente el rodillo porta chicle tiene un mecanismo que lo retira del entintado y de la posición de impresión. En este tipo de impresión hay muchas variables que deben controlarse, tales como la presión de dosificación, presión de entintado, presión de impresión y la uniformidad en el espesor.

---

<sup>5</sup> Ver Anexo 2, fig. 2.5.1

<sup>6</sup> Ver Anexo 2, fig. 2.5.2

Por cada color adicional, se necesita otra estación con los mismos elementos, sin embargo, el costo relativamente bajo de las láminas flexibles hace que la flexografía sea el método más económico y más utilizado en las series medianas y grandes.

Además de los procesos indicados que posee la fábrica, existen equipos auxiliares que ayudan a que el proceso de transformación polimérico sea el adecuado, se está hablando acerca de la torre de enfriamiento, el compresor, el chiller, el molino (para reciclar) y la materia prima.

## **EQUIPOS AUXILIARES**

### **Torre de enfriamiento**

La refrigeración evaporativa de agua por contacto directo con el aire atmosférico es una técnica utilizada desde hace decenas de años. La torre de enfriamiento incorpora esta técnica para la cesión a la atmósfera del calor transportado por una caudal de agua que refrigera máquinas o procesos que desarrollan calor. Está compuesta básicamente por un cuerpo de contacto, agua, aire, y los elementos auxiliares necesarios para vehicular el aire y el agua a través de ella.

La Torre de enfriamiento es un dispositivo utilizado para disminuir la temperatura de un líquido, por lo general agua, al mantenerlo en contacto con una corriente de aire, de manera que una pequeña parte se evapora y la mayor parte se enfría. Se utiliza en instalaciones de aire acondicionado a gran escala y en otras muchas otras aplicaciones industriales, en este caso la obtención de productos de plástico (tapas, tarrinas, baldes, botellas, etc).

El proceso comienza cuando el aire y el agua se ponen en contacto intensivo, para lo cual un ventilador aspira el aire a contracorriente del agua, como consecuencia una parte de ésta se evapora. Se debe llegar a un calor ideal por cada litro de agua, el cual se toma del propio circuito produciendo así su refrigeración. Para el enfriamiento se utiliza además la caída de temperatura entre el agua caliente y la temperatura exterior del aire.

El rendimiento de una torre de enfriamiento, depende, principalmente de la superficie de intercambio de masa que se ha montado, de la buena distribución del agua, de la cantidad del aire aspirado y de la calidad del aire exterior. La diferencia entre la temperatura de agua fría deseada y la temperatura del termómetro húmedo (llamada distancia límite de enfriamiento), es significativa para el tamaño de la torre. Cuanto mayor sea dicha distancia límite de enfriamiento, más pequeña se hace la torre y, por consiguiente, más económica. La distancia límite debe ser como mínimo de 3 a 4 °C.

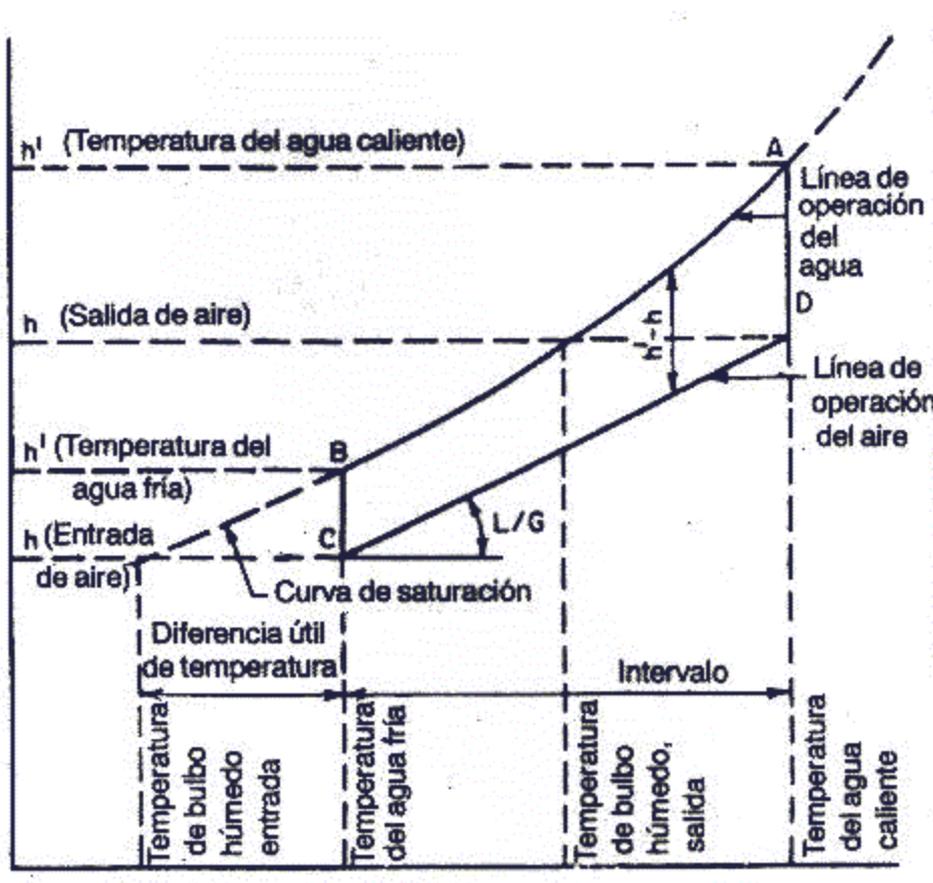


Figura No. 4.6 Diagrama de Trabajo de la Torre de Enfriamiento

En la figura No. 4.6 la línea de operación del agua está representada por la línea AB y se especifica por medio de las temperaturas del agua de la torre en la entrada y la salida. La línea de operación del aire principia en C, verticalmente por debajo de B, y en un punto que tiene una entalpía correspondiente a la temperatura de entrada de bulbo húmedo. La línea BC, representa la línea impulsora inicial ( $h-h'$ ). El aire que sale de la torre se

representa por medio del punto D y la gama de enfriamiento es la longitud proyectada de la línea CD sobre la escala de temperaturas.

## Compresor

Para tener la presión de aire necesaria para el inflado del plástico se utiliza un compresor de aire. En general se tiene dos tipos de compresores, alternativos y rotativos, los alternativos utilizan un cilindro y un pistón para generar presiones altas, cuando el pistón se expande el aire entra al cilindro por la válvula de admisión, cuando retorna al fin de carrera, el aire se comprime y pasa a un depósito por un conducto muy fino, tal como muestra la figura 4.7.

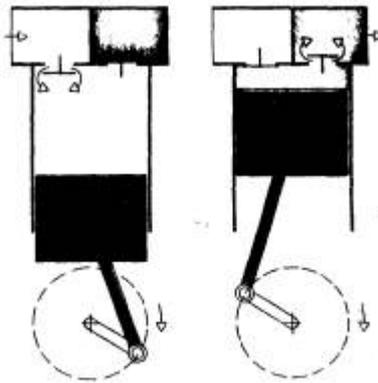


Figura No. 4.7 Succión y Compresión del aire

El proceso de soplado tanto convencional, biorientado y Pet, requieren de aire a presión para completar el ciclo y así obtener el producto final de acuerdo al molde, para este fin, EMPAQPLAST S.A. posee en sus dos plantas compresores de tornillo y de émbolo, siendo los de tornillo los más eficientes al momento de suministrar el aire para los distintos procesos mencionados, asimismo tienen mayor consumo energético y serán analizados de acuerdo a los parámetros establecidos.

## Chiller

Los moldes, tanto de inyección como de soplado, requieren ser refrigerados, esto se lo logra con las torres de enfriamiento, pero debido a que EMPAQPLAST S.A. se tiene varias máquinas tanto inyectoras como sopladoras, la torre de enfriamiento no abastece a todas las máquinas, y el tener varias torres implica mucho costo para la empresa, es por eso que se recurre a los chillers, que son máquinas que al igual que la torre de

enfriamiento, enfrían agua, utilizando refrigerante R-22, si bien es cierto la temperatura del agua de salida del chiller es mayor a la de la torre (8 a 11 °C), dicha agua no sufre pérdidas por transporte en las tuberías, ya que el chiller puede ser ubicado cerca de los equipos, a diferencia de las torres, que por su tamaño y requerimientos para su funcionamiento, deben estar colocados en la parte externa de la planta. El ciclo termodinámico para el chiller se muestra en el diagrama de la figura 4.8.

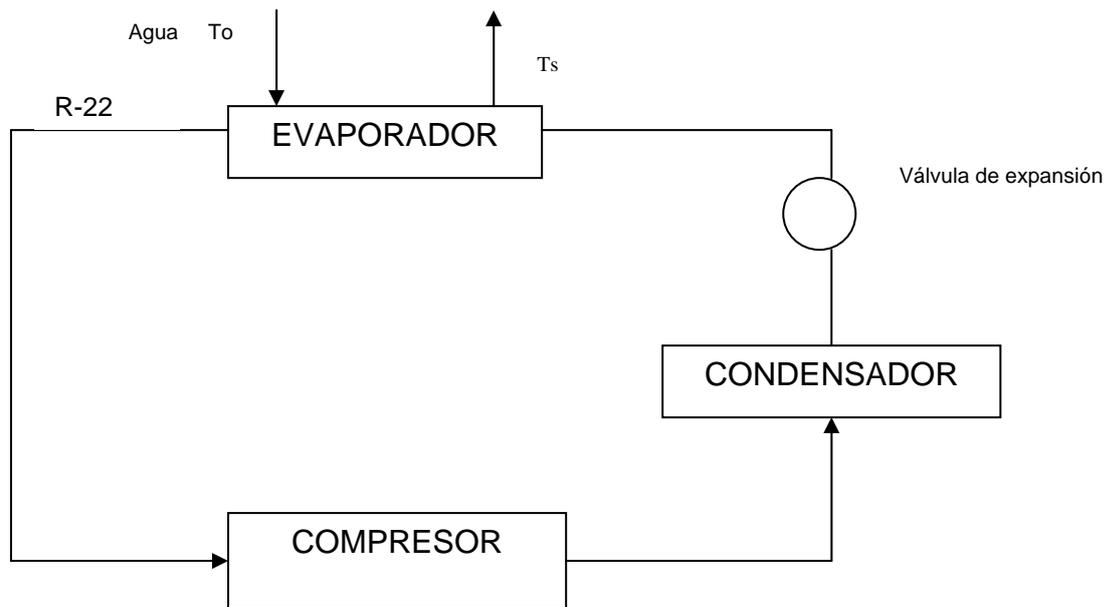


Figura No. 4.8 Diagrama de Proceso del Chiller

## Molinos

Durante el proceso de transformación de la resina polimérica en un producto deseado, se generan ciertos excedentes que quedan unidos a éstas, y que se les conoce con el nombre de rebabas, las cuales son cortadas y depositadas en un bulto junto con los productos que no cumplen los requisitos de calidad. Todo este plástico es reprocesado para volverse a usar mediante un molino.

El molino recibe la rebaba o el producto defectuoso por la parte superior, va cayendo poco a poco hasta llegar a su centro, el cual consta de un espacio de aproximadamente  $10 \text{ dm}^3$  con una pieza giratoria de acero, que al girar rápidamente hace la función cuchilla la cual corta el plástico en pequeños pedazos listos para ser usados y procesados nuevamente.

Es importante comentar que una producción de envases de plástico normales no debe contener más del 20% de plástico procesado para que no pierda sus propiedades naturales como la dureza y color característicos.

### **Materia Prima**

El polietileno es probablemente el polímero que más se ve en la vida diaria, es el plástico más popular del mundo. Con este material se realiza las fundas de los supermercados, recipientes, juguetes para niños, etc. Por ser un material tan versátil, tiene una estructura simple, la más simple de todos los polímeros comerciales. Una molécula del polietileno es una cadena larga de átomos de carbono, con dos átomos de hidrógeno unidos a cada átomo de carbono.

En ocasiones resulta ser más complicado, a veces algunos de los carbonos, en lugar de tener hidrógeno unidos a ellos, tienen asociadas grandes cadenas de polietileno. Esto se llama polietileno ramificado o de baja densidad (LDPE). Cuando no hay ramificación, se llama polietileno lineal o de alta densidad (HDPE). El polietileno lineal es más fuerte que el ramificado, pero el ramificado es más barato y sencillo de fabricar.

En materia de elaboración de envases plásticos, el polietileno, el PET, el PVC y la materia vegetal son las materias primas más utilizadas para la elaboración de dicho producto, EMPAQPLAST S.A. en su mayoría de producción de envases plásticos los hace con PET. La densidad del polietileno se refiere a la dureza que se requiere en el producto final, es decir, que si se requiere obtener un envase de alta dureza entonces debe emplearse polietileno de alta densidad (HDPE).

## 4.3 Recopilación de datos en los procesos de la planta

EMPAQPLAST S.A. es una empresa que se dedica en su totalidad a la transformación de la resina plástica en productos útiles para la sociedad, siendo sus procesos principales el de inyección, soplado, extrusión e impresión, los cuales tienen como fuente de energía única la eléctrica, dependiendo del proceso al que se someta el polímero, en alguna etapa de éste, requerirá de agua refrigerada y de aire comprimido. Por lo tanto la energía eléctrica es el parámetro fundamental en la que se basará este estudio.

### 4.3.1 Consumo de Energía

En la etapa de la auditoria preliminar se utiliza únicamente los datos disponibles, y no requiere de instrumentación sofisticada, se realiza en un periodo relativamente corto, además da énfasis en identificar fuentes obvias de posible mejoramiento en el uso de la energía, tal es el caso de falta de asilamiento, fugas, instrumentación defectuosa y equipos que operen innecesariamente.

Un resultado típico de la auditoria preliminar es un conjunto de recomendaciones de bajo costo y acción inmediata, así como una recomendación de un análisis más profundo de la situación energética, es decir una auditoria detallada, que es lo que se tratará en el siguiente capítulo.

EMPAQPLAST S.A. posee varios tipos de equipos para los diferentes procesos de la empresa, detallados de la siguiente manera:

<b>Área:</b>	Inyección <sup>7</sup>	
<b>Marca:</b>	Vincent y Cosmo	
<b>Tipos:</b>	Vincent:	Cosmo:
	V5 → 7 unidades	65E → 1 unidad
	V35 → 1 unidad	260E → 1 unidad
	V7 → 2 unidades	120C → 1 unidad
		125E → 2 unidades
		90C → 1 unidad

**Procedencia:** Hong Kong.

---

<sup>7</sup> Ver Anexo 3, tabla 3.1

**Área:** Soplado Convencional<sup>8</sup>  
**Marca:** Sinco (2, SI 5000 y SI 750),  
Jong Huag (6):  
700 → 2 unidades  
410 → 2 unidades  
330 → 1 unidad  
PC → 1 unidad (Policarbonato).

**Procedencia:** Brasil.

**Área:** Soplado Biorientado<sup>9</sup>  
**Marca:** Bekum.  
**Tipo:** BMO 4D → 3 unidades  
**Procedencia:** Alemania.

**Área:** Soplado PET<sup>10</sup>.  
**Marca:** Aoki (2).  
**Tipo:** SB III – 250 LL – 50  
**Procedencia:** Japón.

Además de los equipos para los procesos de la empresa están presentes los equipos auxiliares como los compresores, torre de enfriamiento, chillers, éstos se especifican en las tablas 3.5 a la 3.7 del Anexo 3.

Los equipos trabajan todos los días, las 24 horas y los 7 días de la semana, el personal realiza 3 turnos de 06:00 a 14:00, de 14:00 a 22:00 y de 22:00 a 06:00, en las tablas del anexo 3 se ha supuesto un trabajo diario de 20 horas y de 6 días a la semana, debido a que en ocasiones las máquinas son obligadas a parar la producción por mantenimiento o por cambio de molde.

Los datos de consumo de energía dentro de la auditoria preliminar son los datos disponibles en las máquinas, datos de placa, y otros que están al

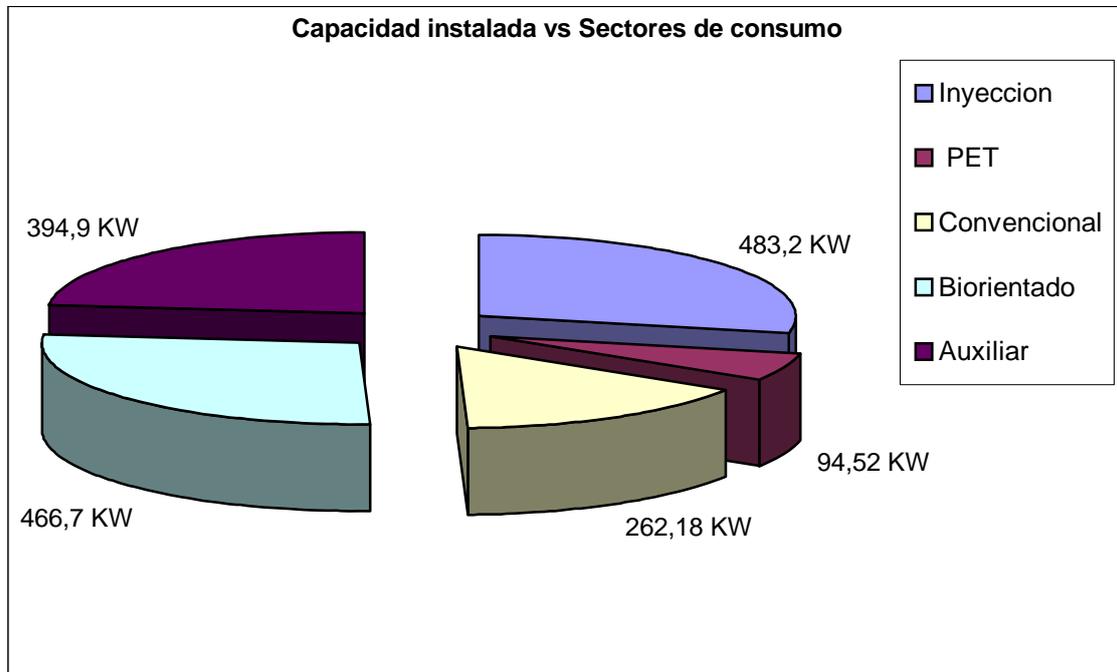
---

<sup>8</sup> Ver Anexo 3, tabla 3.3

<sup>9</sup> Ver Anexo 3, tabla 3.4

<sup>10</sup> Ver Anexo 3, tabla 3.2

alcance, teniendo en cuenta esta consideración, la figura 4.9 permite apreciar la distribución del consumo dentro de la empresa en la Planta No 1.

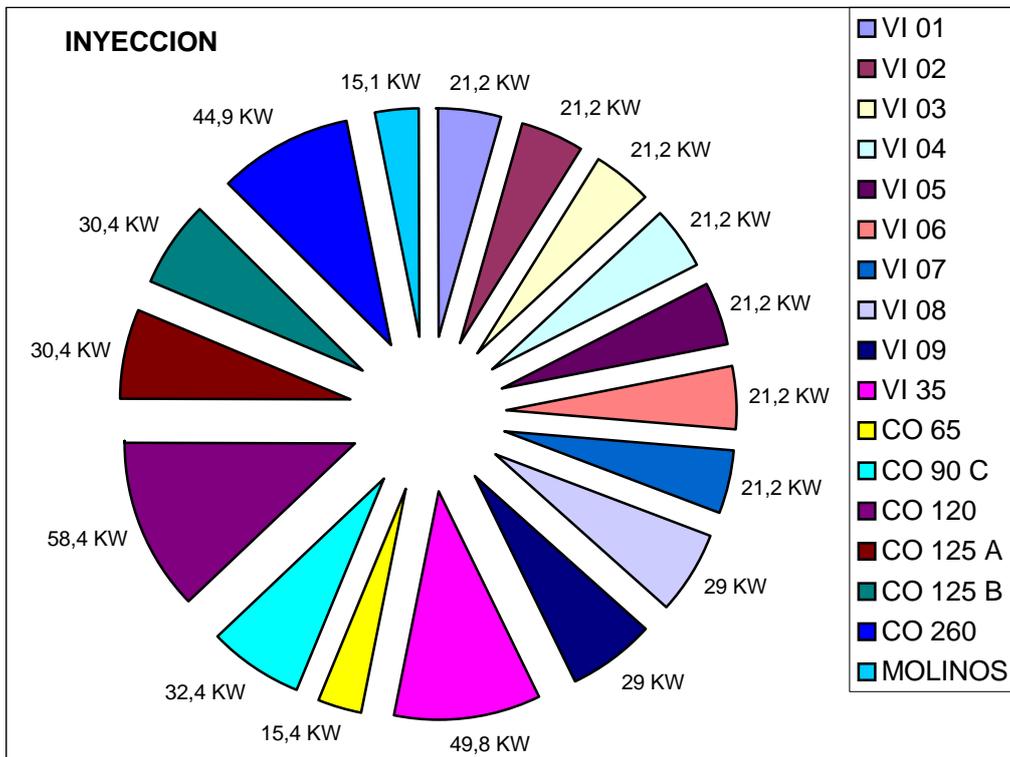


**Figura No. 4.9 Capacidad Instalada – Planta 1**

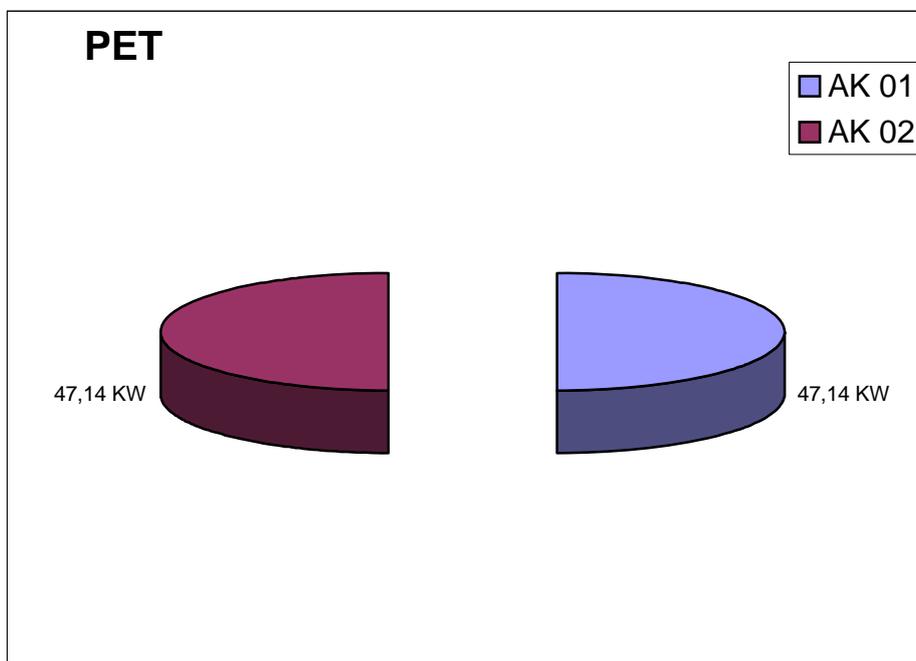
En la figura 4.9 se puede observar que tanto el área de inyección como la de soplado biorientado son las que poseen mayor capacidad instalada, en las tablas 3.1 a la 3.7 del anexo No 3 se puede apreciar el origen de los datos con los cuales se procedió a elaborar la figura 4.9 y son los datos de placa pertenecientes a cada equipo en cada sección, de las tablas en mención, la columna correspondiente a Potencia Nominal [KW] son los valores totales de las capacidades de cada equipo que sumadas en cada tabla dan el total para cada sección y a su vez el total instalado de la planta que equivale a 1701.40 KW (Planta 1). Se debe prestar atención al área de soplado biorientado, debido a que únicamente son 3 equipos, mientras que en inyección son 16.

La figura 4.10 muestra, dentro del área de inyección, las potencias nominales que se obtuvo a partir de los datos de placa para cada equipo, asimismo son los datos pertenecientes a la columna de potencia nominal que se presentan en la tabla 3.1 del anexo No 3. Se puede notar que dentro de la sección de inyección no existe mucha diferencia en cuanto a la capacidad

instalada en cada equipo, con excepción de la VI 35 y la CO 120 que serán analizadas más adelante.



**Figura No. 4.10 Capacidad Instalada - Sección de Inyección (Planta 1)**

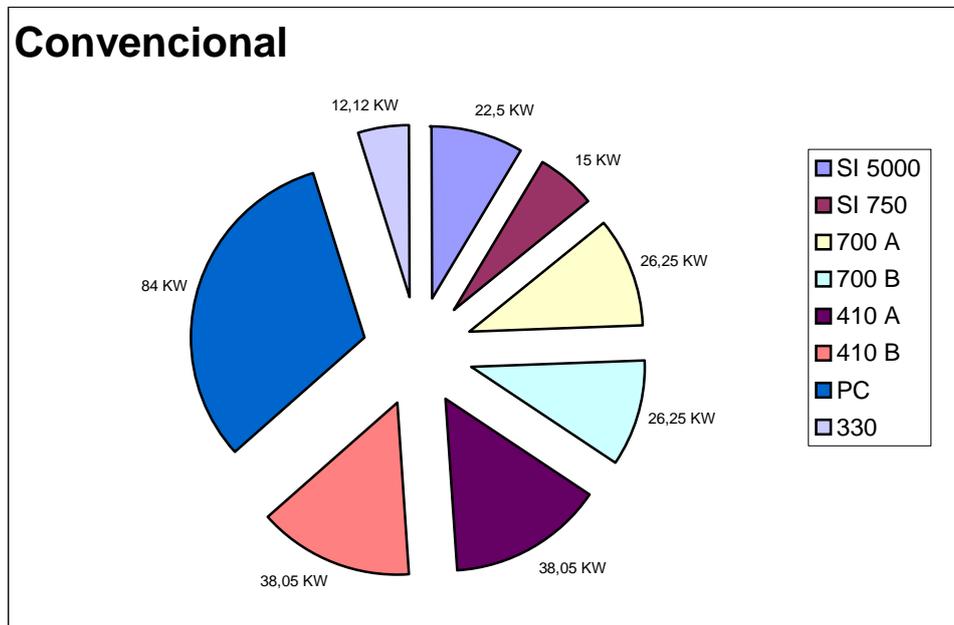


**Figura No. 4.11 Capacidad Instalada – Soplado PET (Planta 1)**

La figura 4.11 fue elaborada a partir de los datos de placa disponibles para estos equipos, estos datos se muestran en la tabla 3.2 del anexo No 3 y son los que corresponden a la columna de potencia nominal de la tabla. Los

equipos de esta sección de soplado PET son del mismo fabricante y poseen las mismas características, por lo tanto tienen la misma capacidad instalada como se aprecia en la figura.

La distribución de la capacidad instalada de la sección de soplado convencional está representada por la figura 4.12, la cual fue elaborada a partir de los datos de placa disponibles para cada equipo, los valores de las potencias nominales para esta figura se los muestra en la tabla 3.3 del anexo 3. En esta sección se puede apreciar un mayor consumo energético por parte de la máquina de PC (Policarbonato), este equipo se dedica exclusivamente a la fabricación de botellones de agua de consumo doméstico de una capacidad 20 litros por cada envase.



**Figura No. 4.12 Capacidad Instalada – Soplado Convencional (Planta 1)**

Los equipos de soplado de biorientado son de la misma marca, serie, tipo, procedencia, año de fabricación, por lo tanto la distribución energética nominal se reparte equitativamente como se muestra en la figura 4.13, dicha figura fue elaborada a partir de los datos de placa disponibles para estos equipos y pertenecen a la columna de potencia nominal de la tabla 3.4 del anexo No 3.

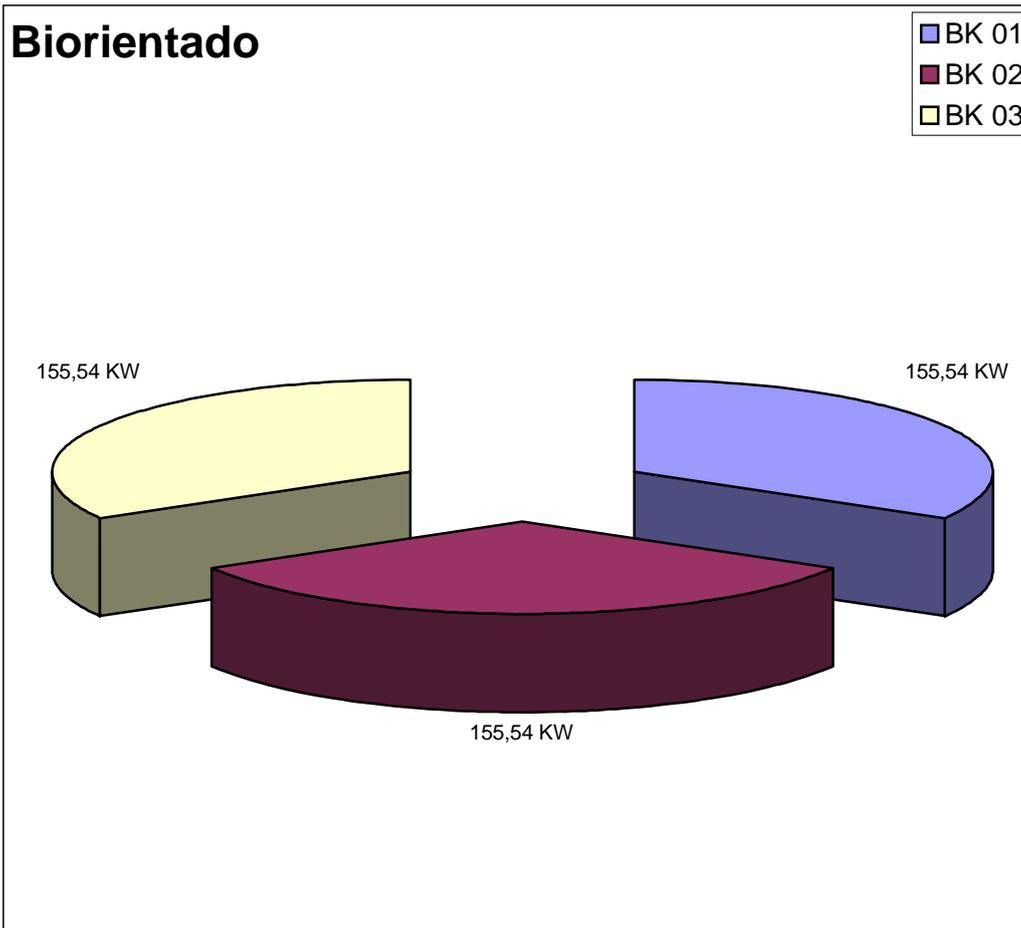


Figura No. 4.13 Capacidad Instalada – Soplado Biorientado (Planta 1)

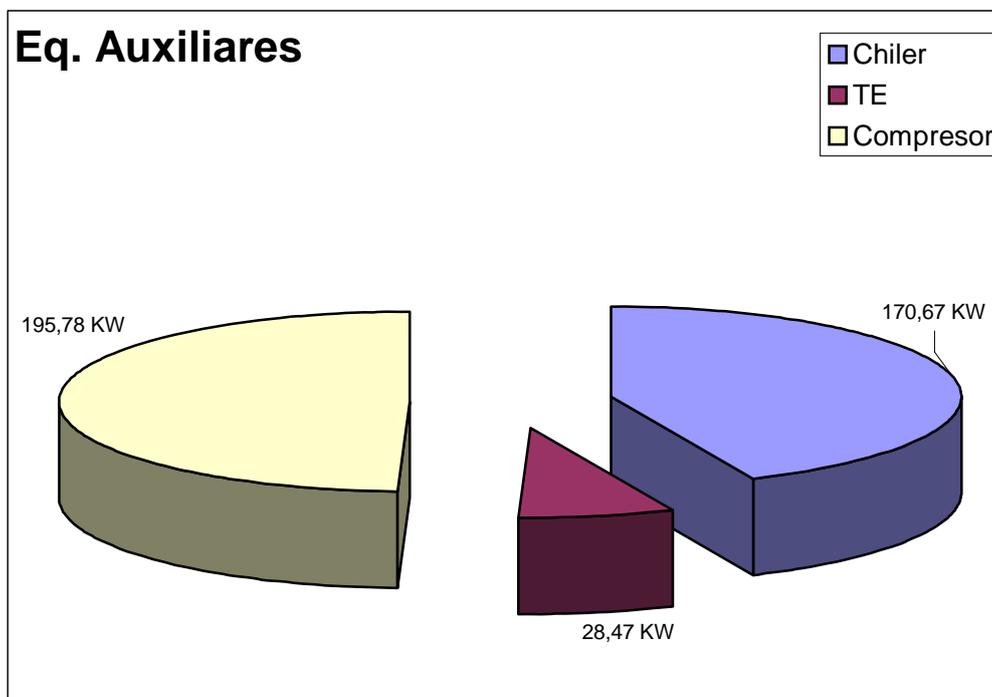
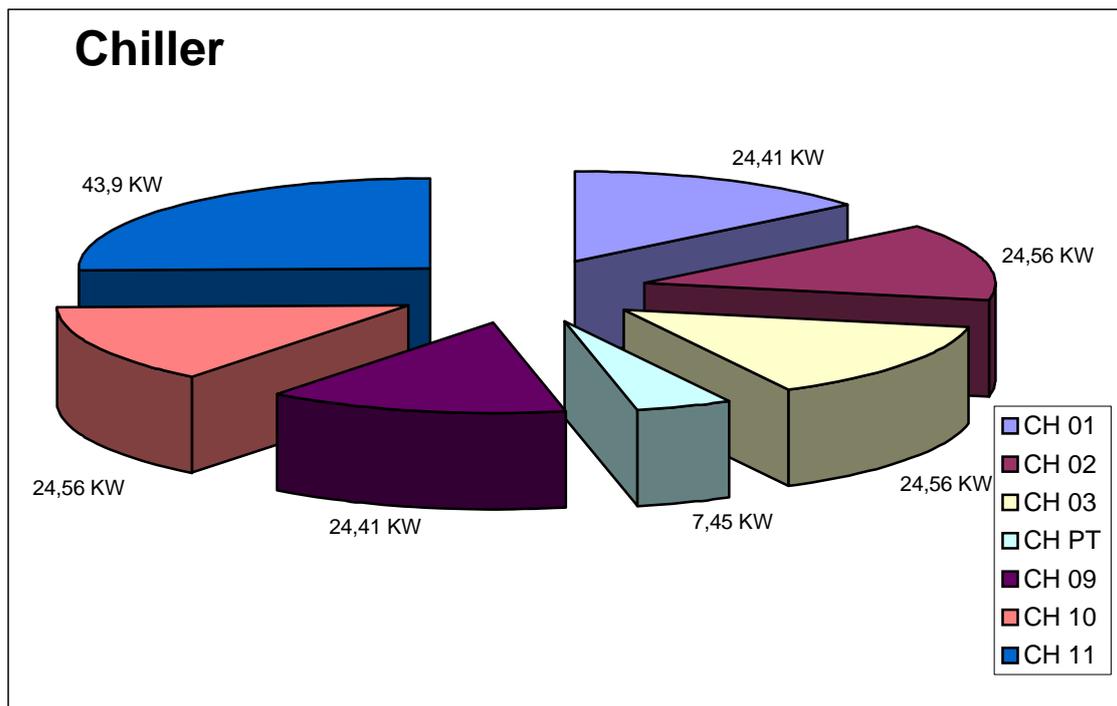


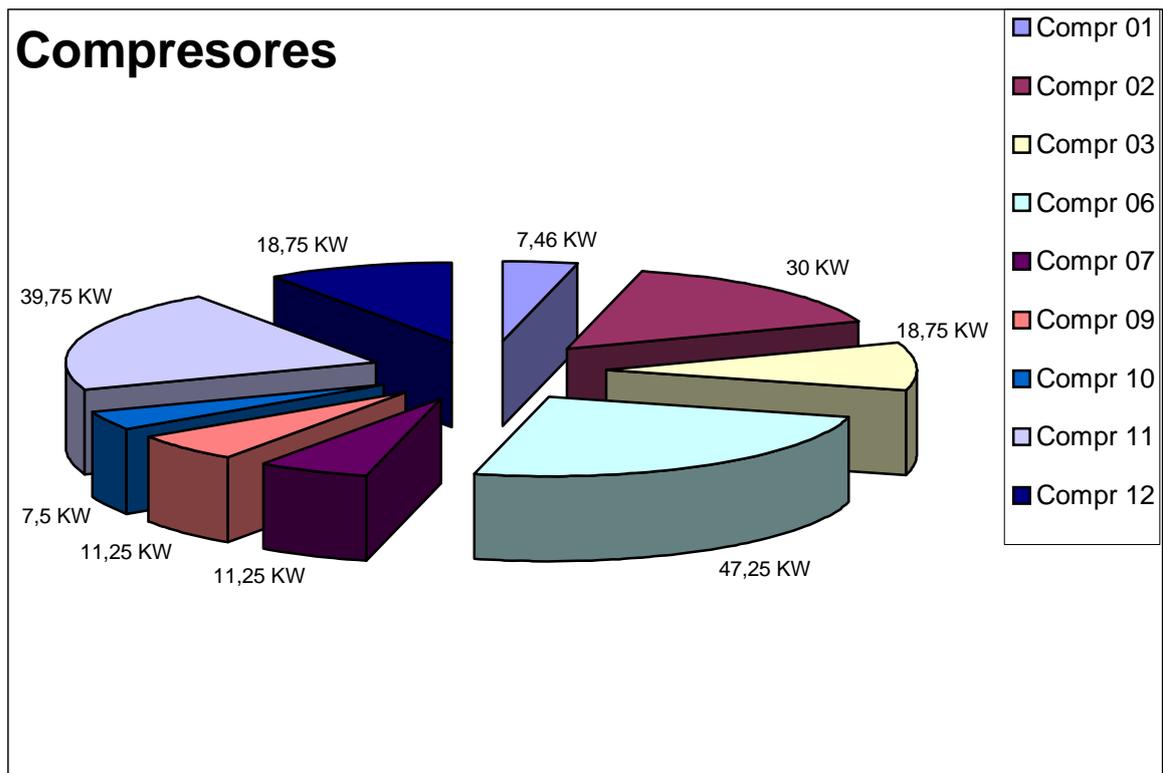
Figura No. 4.14 Capacidad Instalada – Equipos Auxiliares (Planta 1)

La figura 4.14 fue elaborada de forma similar que la figura 4.9, con la diferencia radica en que está indicando los equipos auxiliares en forma general, los datos para la elaboración de la figura fueron obtenidos a partir de los datos de placa de los equipos en mención, y están en las tablas del anexo No 3 desde la 3.5 a la 3.7, en la columna de potencia nominal.

La figura 4.15 representa la capacidad instalada que tienen los chillers dentro de los equipos auxiliares, resulta notorio apreciar que el CH 11 tiene una significativa diferencia con respecto a los demás chillers, éste equipo en mención es el más grande de esta sección. Los datos para la elaboración de la figura constan en la tabla 3.5 del anexo No 3 en la columna de potencia nominal, los valores en mención fueron obtenidos a partir de los datos disponibles en las placas de los equipos.



**Figura No. 4.15 Capacidad Instalada – Chillers (Planta 1)**



**Figura No. 4.16 Capacidad Instalada – Compresores (Planta 1)**

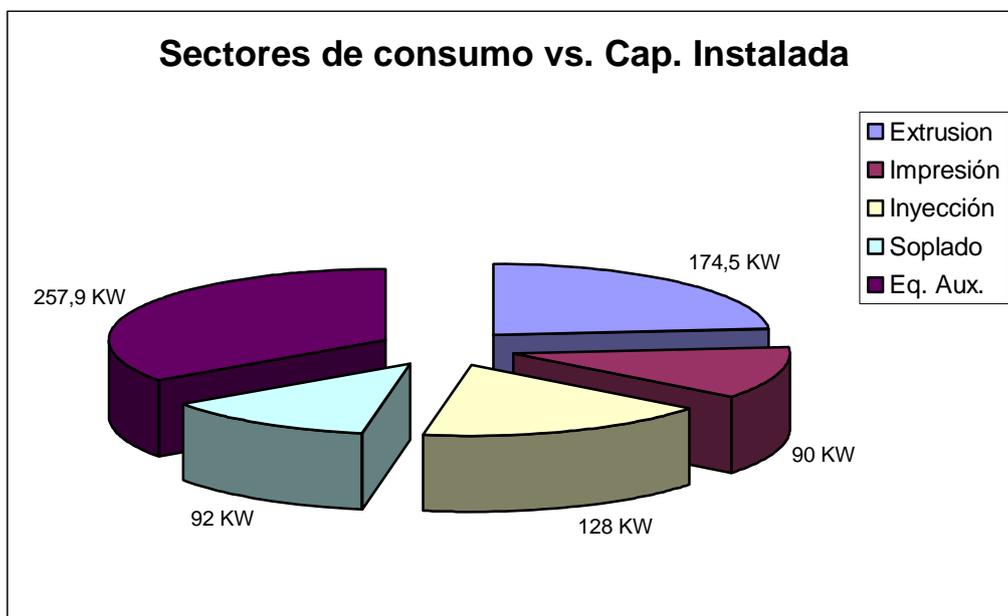
La figura 4.16 representa la capacidad instalada de la sección de compresores que existen en la planta 1, se aprecia claramente que el CO 06 tiene una notable diferencia en relación a los demás compresores. Los datos para la elaboración de la figura constan en la tabla 3.6 del anexo No 3 y son los valores pertenecientes a las placas de cada equipo en mención.

Hasta el momento se ha detallado todo los datos disponibles de placa de cada equipo en las diferentes secciones y capacidad instalada por sección de producción de la planta 1, de la misma manera se va a proceder con la planta 2 para cuantificar la capacidad instalada de la misma, cabe mencionar que la planta 2 tiene menor número de equipos, pero son modernos y sofisticados.

En la planta 2, existe el proceso de extrusión, impresión y soplado principalmente, teniendo además los equipos auxiliares que son necesarios y complementarios para que los procesos sean adecuados.

De idéntica manera, como se procedió para la planta 1, se mostrará en la planta 2, primeramente el consumo por sectores que tiene la planta, para poder tener una primera idea de cuáles o que sección es la más afectada con el consumo.

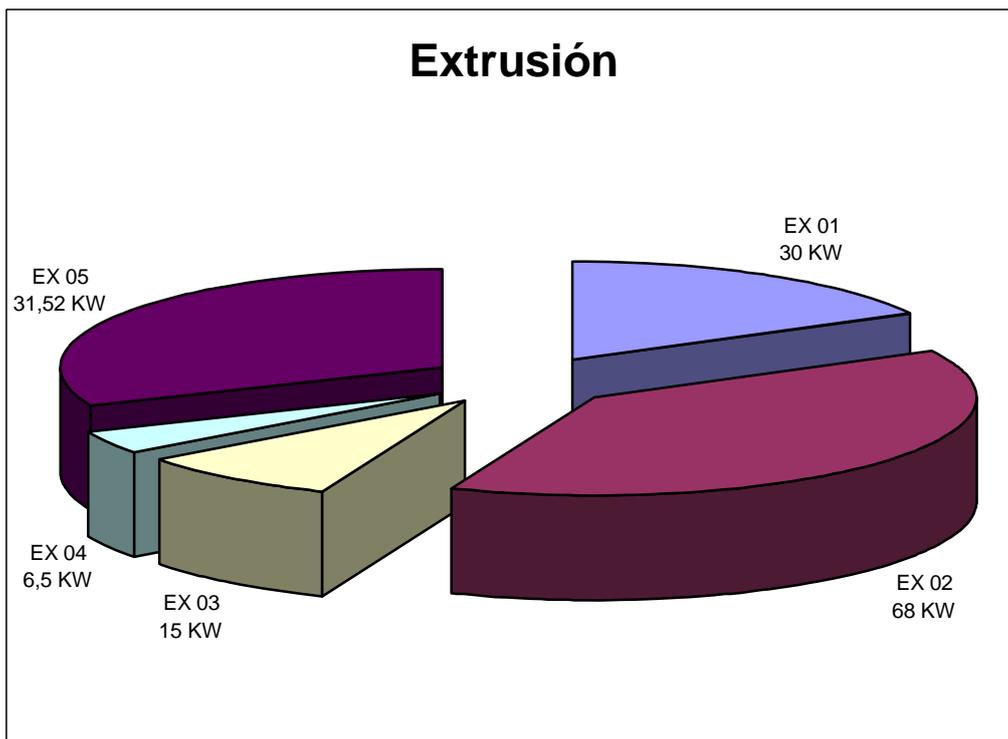
Asimismo las figuras 4.17 a la 4.24 fueron elaboradas con el mismo criterio que las que se obtuvo para la planta 1 (fig. 4.9 a la fig 4.16), es decir, las figuras representan los datos de placa disponibles para cada equipo en cada sección.



**Figura No. 4.17 Capacidad Instalada – Planta 2**

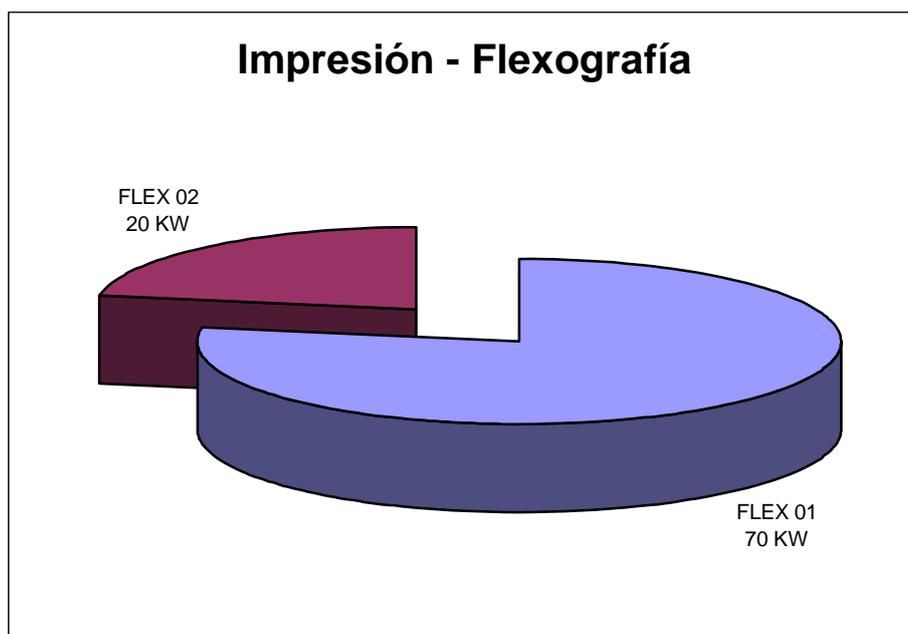
La figura 4.17 muestra la capacidad instalada por procesos de producción en la planta No 2, los datos para la elaboración de la figura se obtuvo de las placas de identificación de cada equipo.

Se aprecia una notable diferencia entre los equipos auxiliares y los procesos de producción, ésta radica en que la planta No 2 es nueva y posee equipos igualmente nuevos, para lo cual se ha adquirido compresores de tornillo que son muy eficientes, éstos compresores demandan mayor consumo energético como se ve reflejado en la figura 4.17.



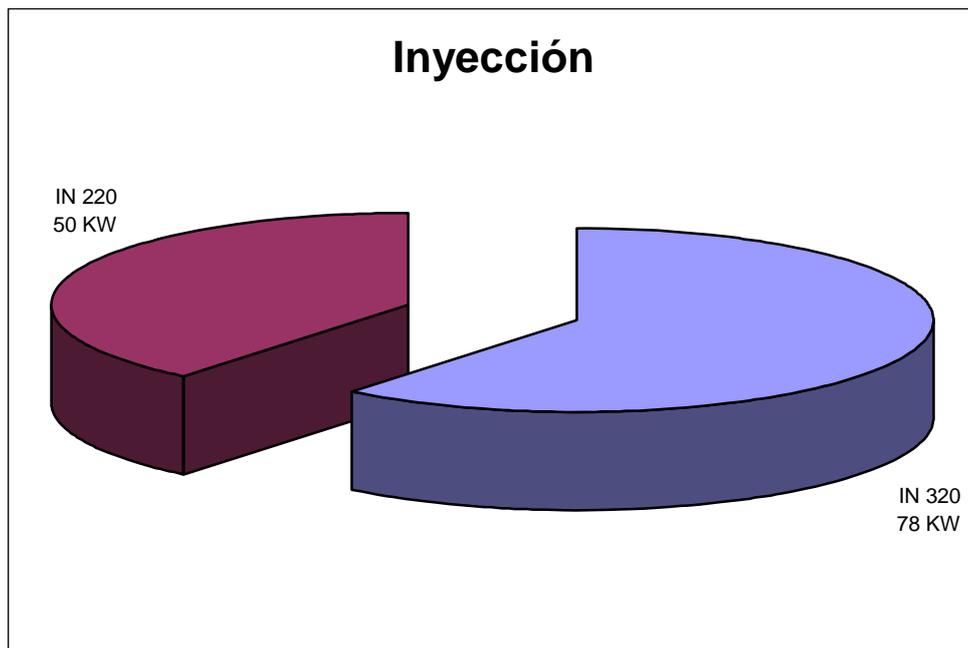
**Figura 4.18 Capacidad Instalada – Extrusión (Planta 2)**

La figura 4.18 muestra claramente que la EX 02 tiene una mayor capacidad instalada respecto a las otras, la diferencia es significativa, aproximadamente el doble de la EX 05 que es la que le continúa en orden de consumo, los datos para la elaboración de la figura fueron obtenidos a partir de las placas de identificación para cada equipo.



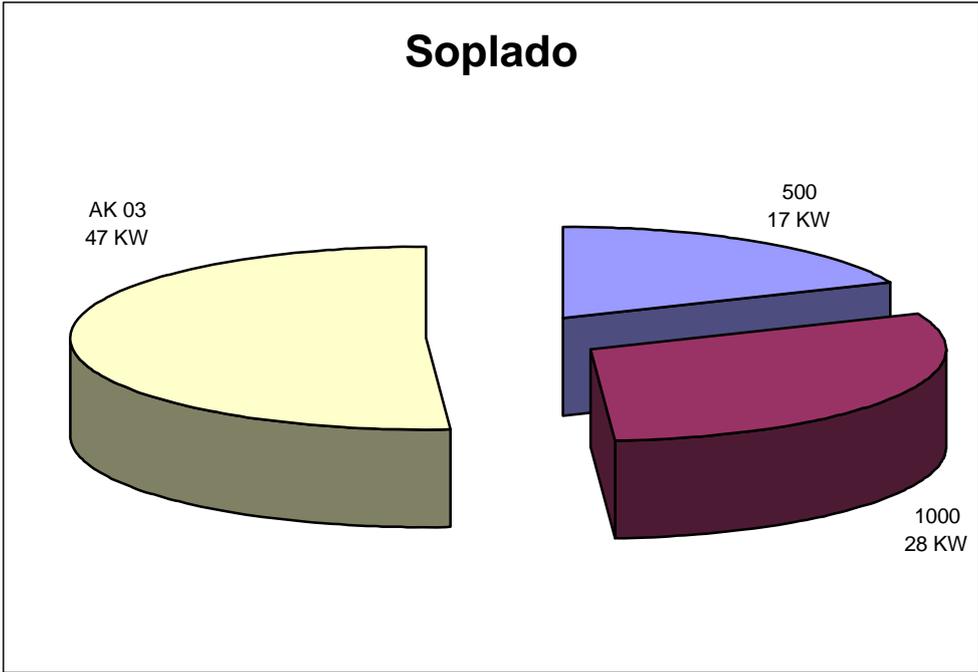
**Figura No. 4.19 Capacidad Instalada – Flexografía (Planta 2)**

Existen únicamente dos equipos en la planta No 2 para el proceso de flexografía (fig. 4.19), en este proceso es donde se imprime con diversos diseños (dependiendo del cliente) las distintas etiquetas que se dispondrá en el producto ya terminado que se tiene en bodega, el gráfico de la figura 4.19 fue elaborado a partir de los datos de placa disponibles en los equipos y muestra de manera clara que la FLEX 01 tiene mayor capacidad de consumo y como dato adicional este equipo se encuentra más equipado y con nueva tecnología.



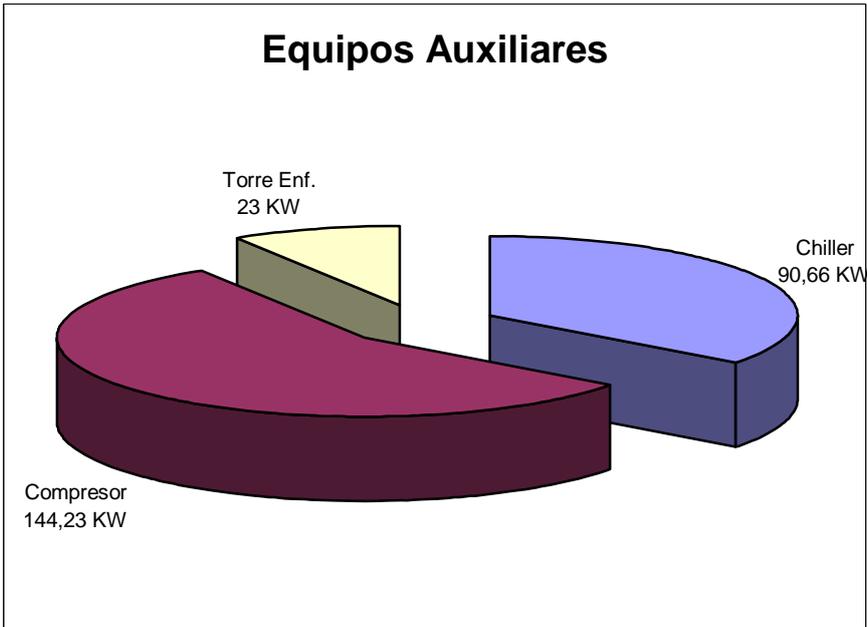
**Figura No. 4.20** Capacidad Instalada – Inyección (Planta 2)

El proceso de inyección en la planta No 2 se complementa después con el proceso de soplado, para la obtención específica de botellas de 3 y 5 litros, en las inyectoras se obtiene el premolde para la posterior culminación del producto en las máquinas de soplado. Los datos mostrados en la figura 4.20 son los que se obtiene de la lectura de las placas presentes en los equipos, la máquina que tiene mayor demanda energética en esta sección es la INY 320 y será comprobado posteriormente cuando se realice las mediciones reales.



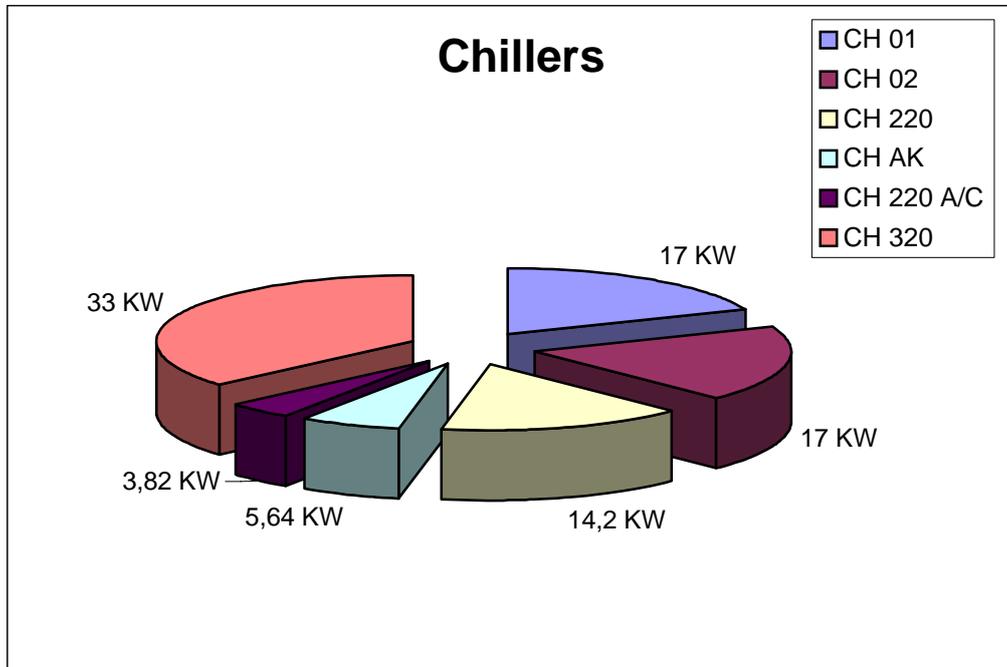
**Figura No. 4.21 Capacidad Instalada – Soplado PET (Planta 2)**

Este es el proceso complementario al proceso de inyección, pero únicamente la realizan las máquinas 500 y 1000, ya que la AK 03, realiza el mismo proceso que las AK 01 y AK 02 de la planta No 1, por dicha razón muestra una mayor demanda de energía, la figura 4.21 respaldada en los datos de placa obtenida en los equipos muestra la capacidad instalada en la sección de soplado.



**Figura No. 4.22 Capacidad Instalada – Equipos Auxiliares (Planta 2)**

La figura 4.22 muestra la capacidad instalada en los equipos auxiliares, los datos para la elaboración de la figura son los que constan en cada una de las placas de los equipos, es notoria la participación de los compresores en esta sección.

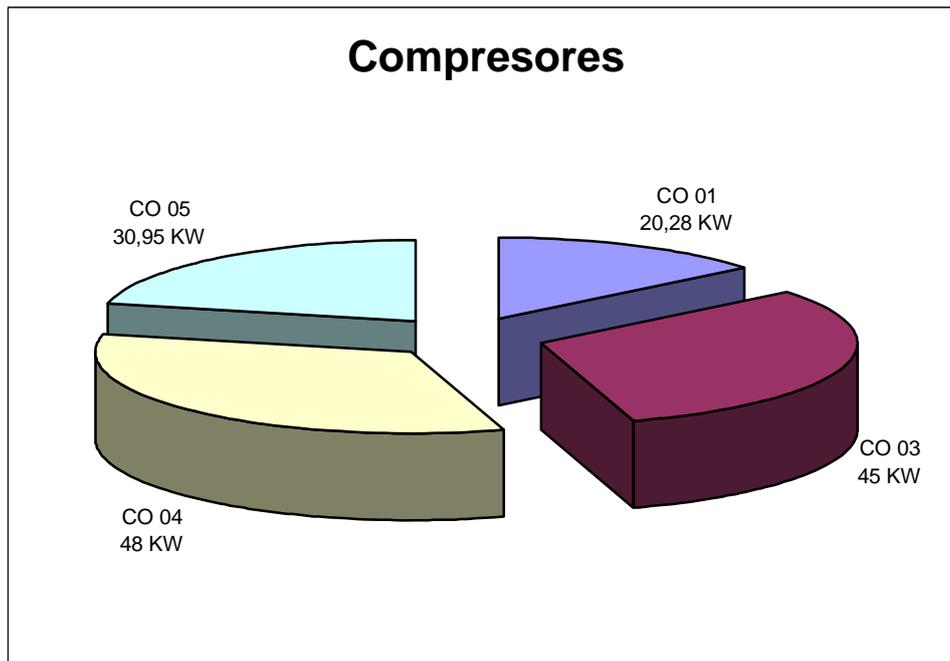


**Figura No. 4.23 Capacidad Instalada – Chillers (Planta 2)**

De idéntica forma como se ha procedido hasta el momento se realizó la lectura de placa de los chillers, con los cuales se elaboró la figura 4.23 que sirve para identificar los equipos de mayor consumo de esta sección, es apreciable que el CH 320 posee una mayor capacidad instalada.

Los compresores CO 03 y CO 04, son compresores de tornillo, muy eficientes, y requieren de mayor energía, es por esta razón que en la figura 4.24 se muestra que demandan mayor energía.

Todas las gráficas expuestas anteriormente muestran la capacidad instalada que tiene la empresa, sus sectores de consumo, y los equipos que mayor demanda energética presentan en base a datos que se obtuvo de las placas presentes en cada equipo.



**Figura No. 4.24 Capacidad Instalada – Compresores (Planta 2)**

### Consumo de energía eléctrica

Durante el periodo de Octubre del 2003 a Septiembre del 2004, las instalaciones de la planta No 1 tuvieron un consumo total de 21848 GJ, siendo la energía eléctrica el 100% de lo consumido, en la tabla 4.1 que se muestra a continuación se detalla el consumo de energía eléctrica en el periodo mencionado.

La tabla 4.1 fue elaborada a partir de las planillas de consumo eléctrico que emite la EMPRESA ELÉCTRICA QUITO. Los datos indicados en la tabla son la recopilación de un año de consumo, con lo cual se tiene una idea bastante clara de la energía demandada en el período indicado para la planta No 1.

**Tabla No. 4.1 Datos de Consumo de Energía Eléctrica (Planta 1)**

Emisión	Dmda	Consumo			Consumo
		07h - 22h	22h-07h	Total	
	KW	Kwh	Kwh	Kwh	GJ
Oct-03	900	373324	222931	597155	2148,013
Nov-03	952	305509	185342	491803	1769,054
Dic-03	804	294063	177721	472588	1699,936
Ene-04	993	328634	195444	525071	1888,721
Feb-04	976	361977	217752	580705	2088,841
Mar-04	976	276174	163908	441058	1586,52
Abr-04	744	360900	218820	580464	2087,974
May-04	840	342252	207420	550512	1980,235
Jun-04	876	302844	181644	485364	1745,892
Jul-04	708	284256	170052	455016	1636,728
Ago-04	696	243108	146544	390348	1404,112
Sep-04	768	312732	190368	503868	1812,453
<b>Total</b>	<b>10233</b>			<b>6073952</b>	<b>21848,48</b>
<b>Prom.</b>	<b>852,75</b>			<b>506162,7</b>	<b>1820,707</b>

La columna de “Emisión” muestra el período mensual de consumo para la cual fue emitida la planilla eléctrica.

La columna de Demanda “Dmda” es una cantidad en KW que está presente en el pliego tarifario y equivale a la registrada en el mes en el respectivo medidor de demanda y no podrá ser inferior al 60% del valor de la demanda máxima de los últimos doce meses, incluido el mes de facturación.

Las tres columnas pertenecientes a “Consumo” cuantificada en KW-h no es más sino los valores que emite la E.E.Q. para los dos horarios que tiene de facturación, estos son: 07h00 a 22h00 y 22h00 a 07h00 (fig. 4.27), la columna “Total” es la suma de los dos anteriores columnas cuantificadas en KW-h. La figura 4.25 representa el consumo eléctrico para el período Octubre 2003 a Septiembre 2004 para la planta No 1 a partir de la tabla 4.1.

La columna “Consumo” cuantificada en GJ está representada por la siguiente relación:

$$Consumo [GJ] = \frac{Total [KWh] * 3597078.035}{1 \times 10^9}$$

La figura 4.26 muestra el consumo energético en GJ para el período que se está analizando en la planta No 1 a partir de los datos de la tabla 4.1.

# Consumo de Energía (Planta 1)

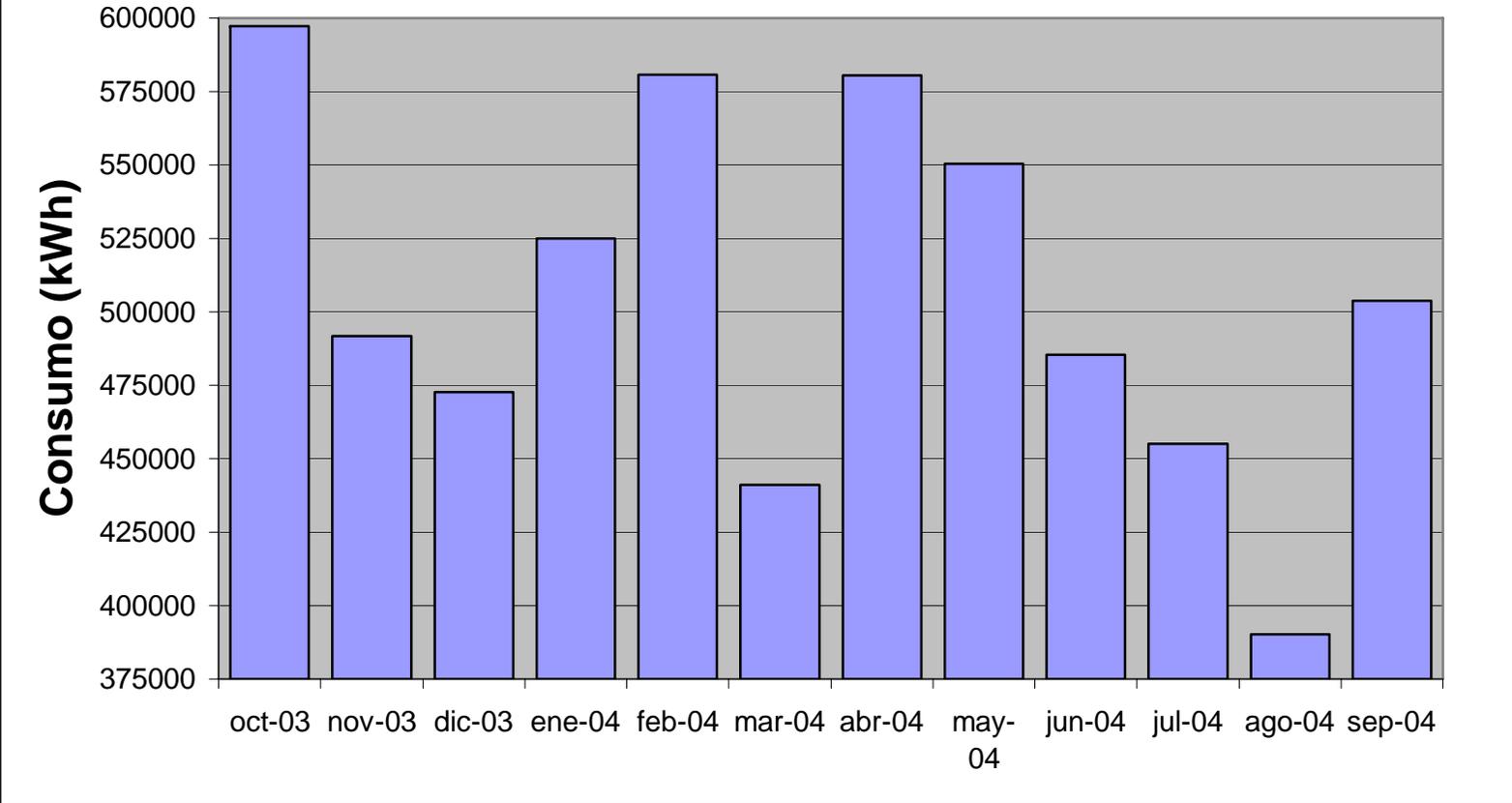


Figura No. 4.25 Consumo de Energía por meses Kw-h (Planta 1)

# Consumo de Energía (Planta 1)

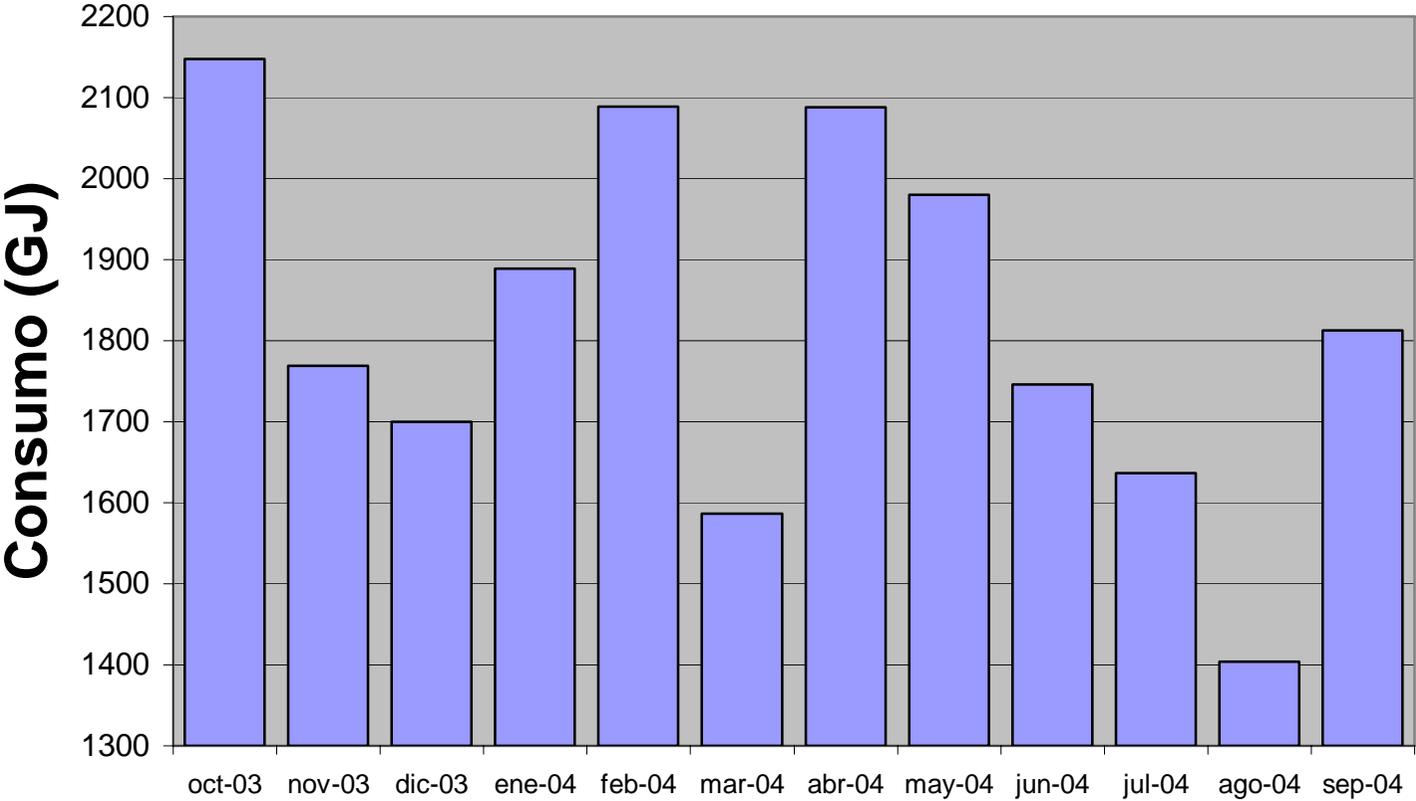


Figura No. 4.26 Consumo de Energía por meses GJ (Planta 1)

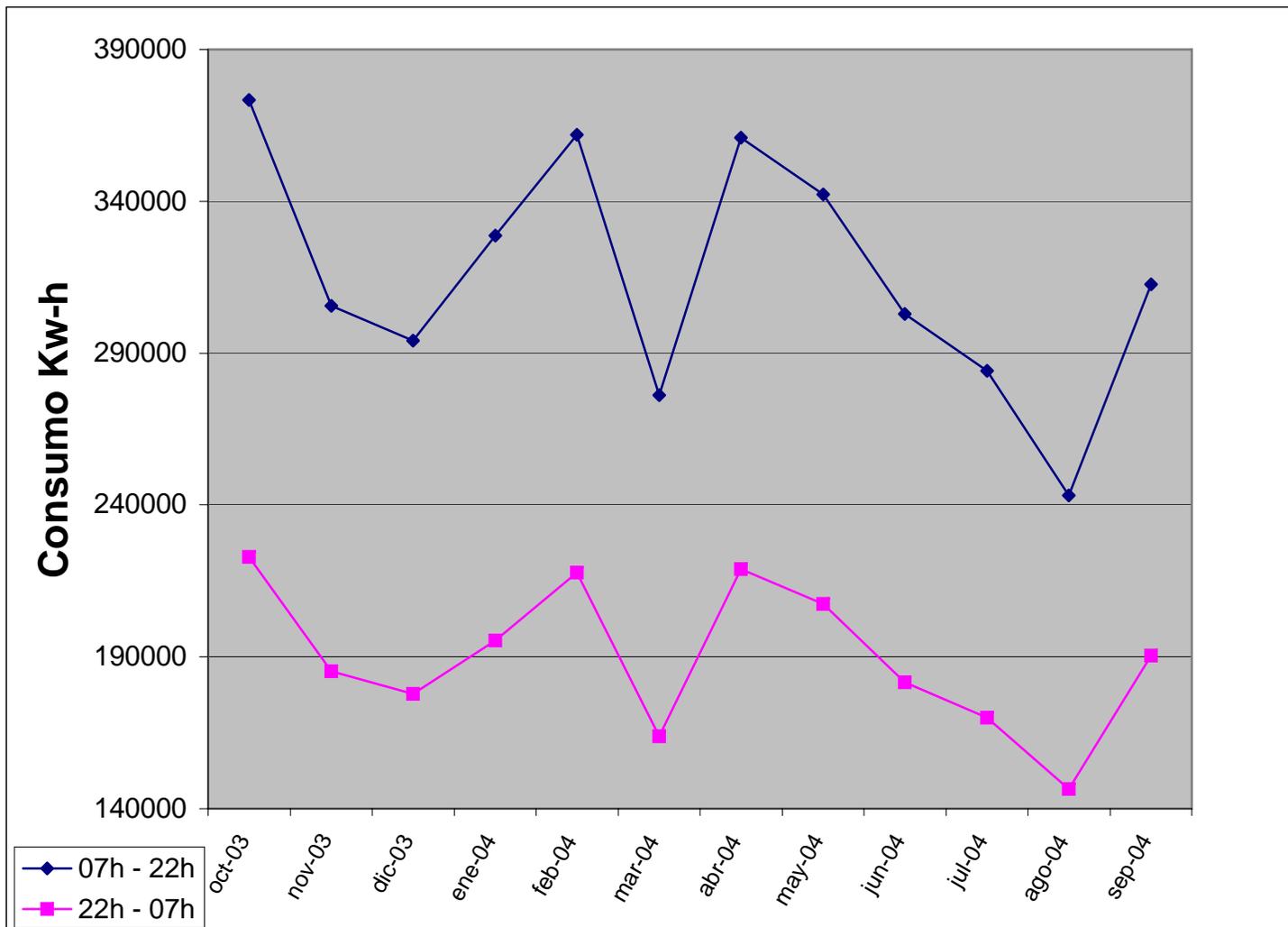


Figura No. 4.27 Consumo de Energía según Horarios de Tarifa (Planta 1)



Durante el periodo de Octubre del 2003 a Septiembre del 2004, las instalaciones de la planta 2 tuvieron un consumo total de 9731.78 GJ, siendo la energía eléctrica el 100% de lo consumido, en la tabla No 4.2 que se muestra a continuación se detalla el consumo de energía eléctrica en el periodo mencionado.

La tabla 4.2 está elaborada de idéntica manera que tabla 4.1, pero con los valores pertenecientes a la planta No 2.

**Tabla No. 4.2 Datos de Consumo de Energía Eléctrica (Planta 2)**

Emisión	Dmda	Consumo			Consumo
		07h - 22h	22h-07h	Total	
	KW	Kwh	Kwh	Kwh	GJ
Oct-03	264	74344	39320	113928	409,8079
Nov-03	248	56016	30808	87072	313,2048
Dic-03	264	45304	23664	69232	249,0329
Ene-04	496	91080	42968	134544	483,9653
Feb-04	552	169992	95536	266080	957,1105
Mar-04	504	166368	100384	267256	961,3407
Abr-04	584	176216	108128	284928	1024,908
May-04	584	153872	91880	246336	886,0898
Jun-04	608	191456	110424	302488	1088,073
Jul-04	624	176216	103456	280296	1008,247
Ago-04	624	195392	115552	311568	1120,734
Sep-04	720	214548	126472	341740	1229,265
<b>Total</b>	<b>6072</b>			<b>2705468</b>	<b>9731,78</b>
<b>Prom</b>	<b>506</b>			<b>225455,7</b>	<b>810,9816</b>

La figura 4.28 muestra el consumo de energía en KW-h para el período Octubre 2003 a Septiembre 2004 en la planta No 2 a partir de los datos disponibles en la tabla 4.2.

La figura 4.29 representa el consumo energético en GJ para el mismo período en estudio para la planta 2, el gráfico fue elaborado a partir de los valores indicados en la tabla 4.2.

La figura 4.30 muestra el consumo de energía en KW-h para los dos horarios de facturación que tiene la E.E.Q. para el período en mención, los datos para la elaboración de la figura fueron tomados de la tabla 4.2.

## Consumo Energético (Planta 2)

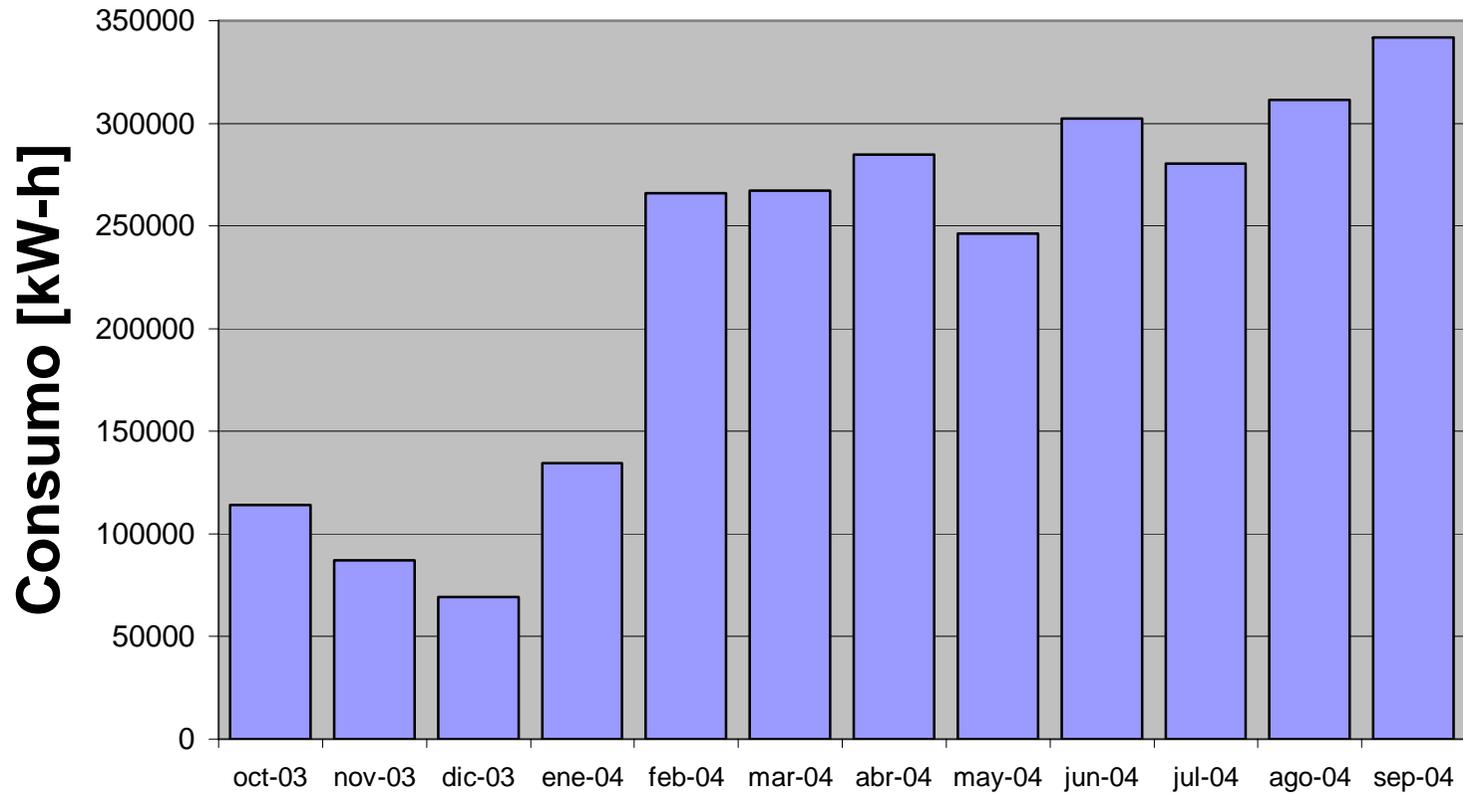


Figura No. 4.28

Consumo de Energía por meses Kw-h (Planta 2)

## Consumo Energético (Planta 2)

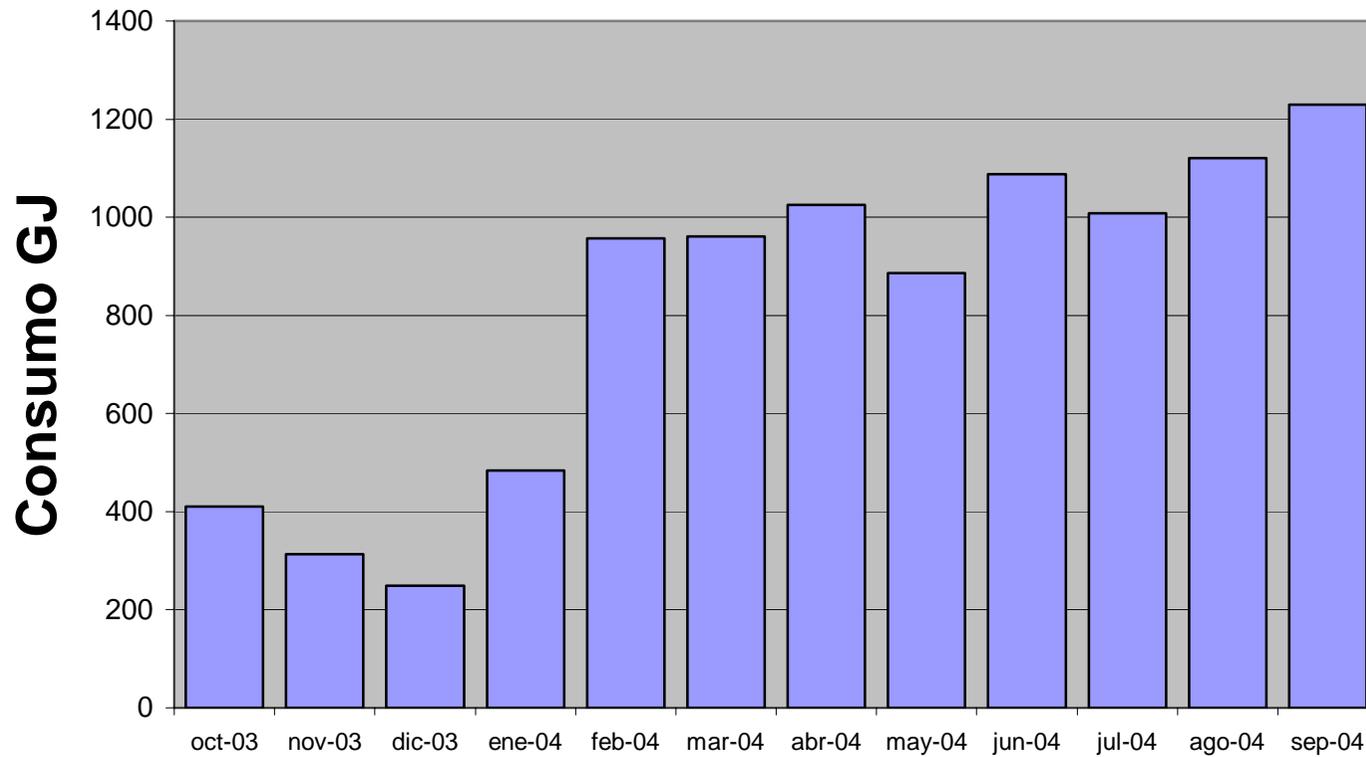


Figura No. 4.29 Consumo de Energía por meses GJ (Planta 2)

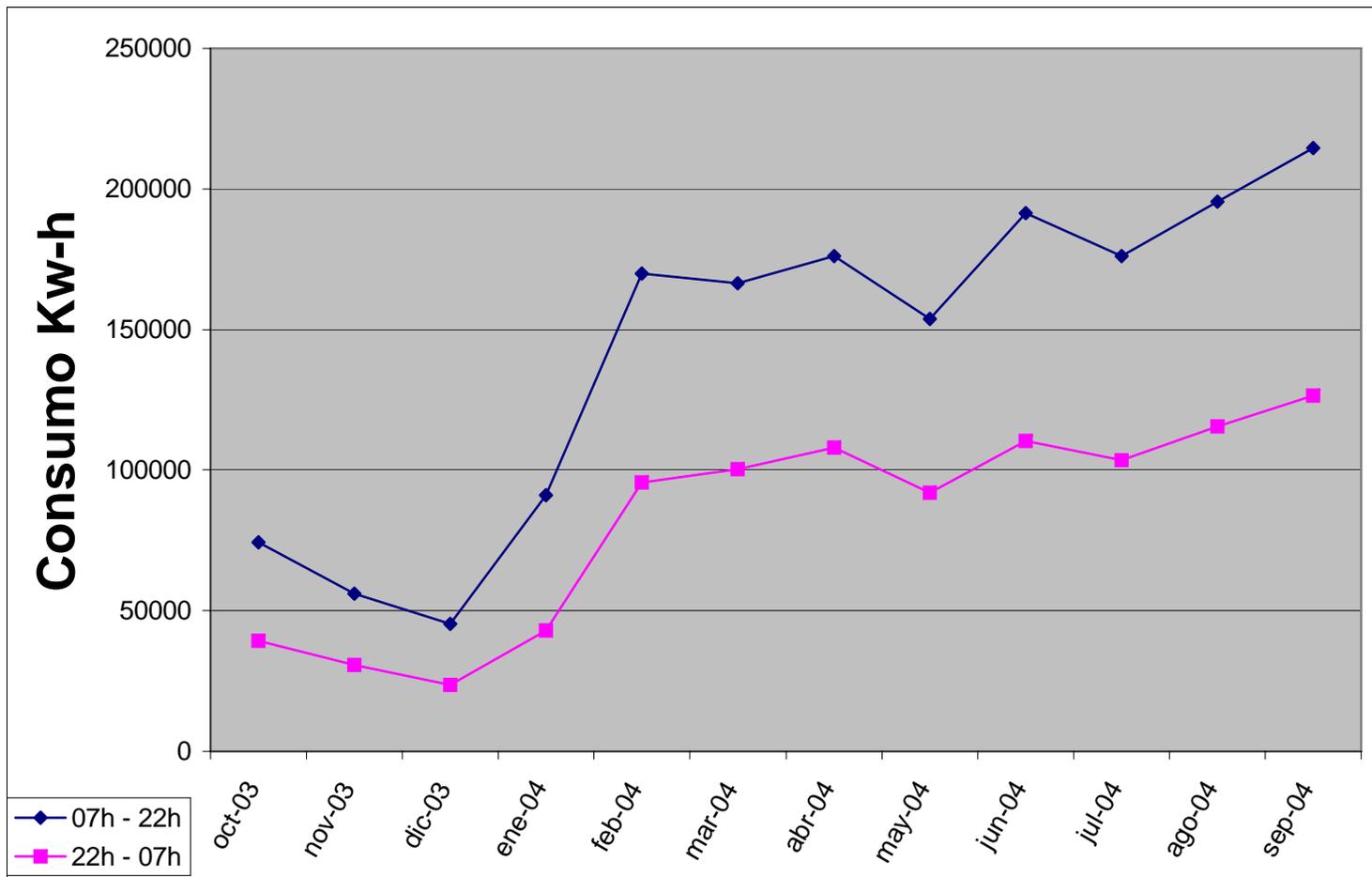


Figura No. 4.30 Consumo de Energía por Horarios de Tarifa (Planta 2)



### 4.3.2 Costo de Energía

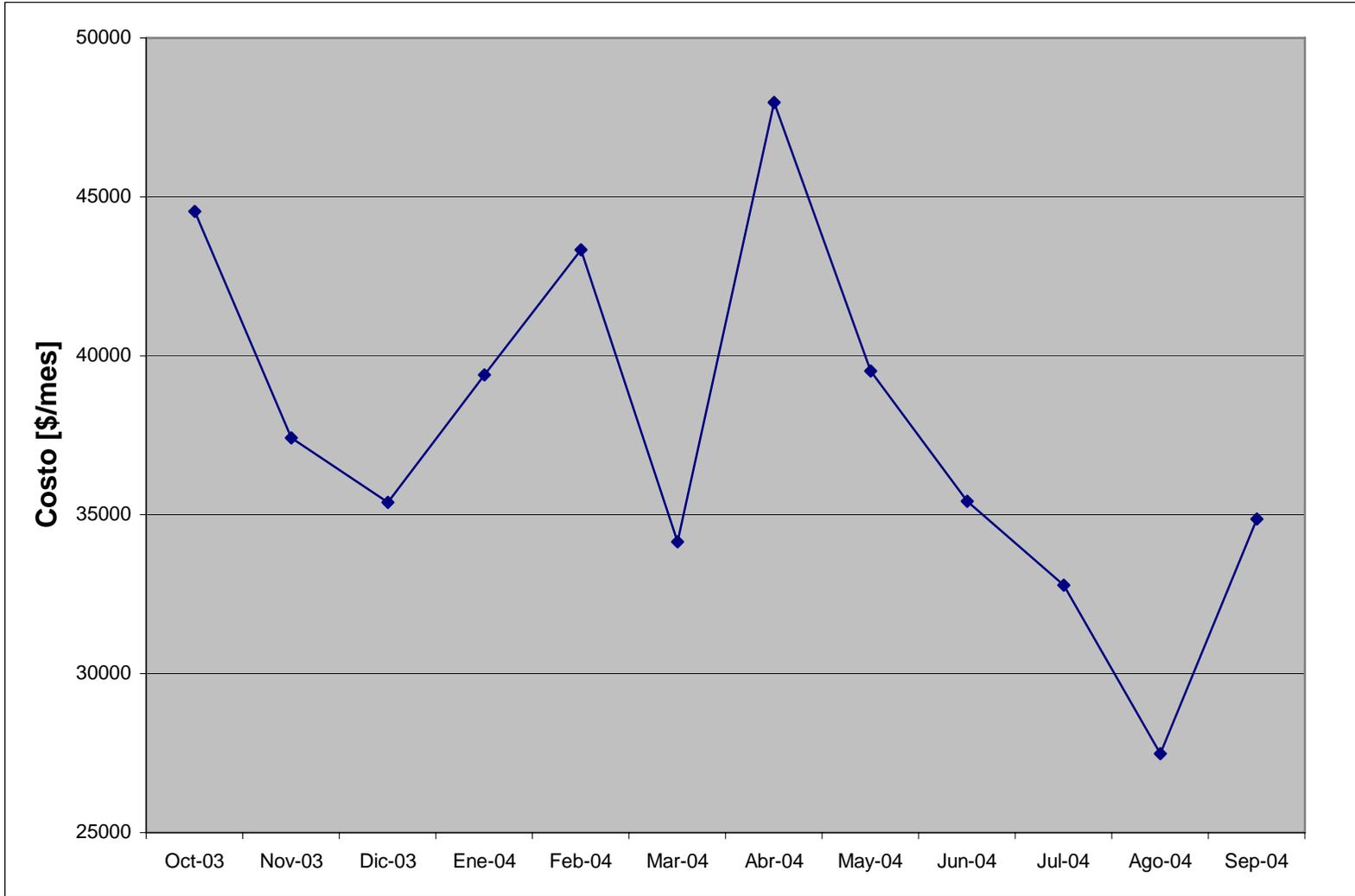
Como se ha venido mencionando, la principal y única fuente de energía con la cual opera tanto la planta No 1 como la planta No 2, es la energía eléctrica, pues en todos los procesos de producción que tiene la empresa no dispone de otro tipo de energía que no sea la eléctrica, todos los equipos trabajan en base a motores eléctricos e hidráulicos en algunos casos.

En la tabla 3.8 del Anexo 3, se detalla los costos por consumo de energía en la planta 1, se muestra el consumo, demanda, y sus respectivos costos desglosados para los horarios de facturación de grandes consumidores, asimismo en la tabla 3.9 se detallan los costos de energía de la planta 2 con las mismas variables que se realizó para la planta 1.

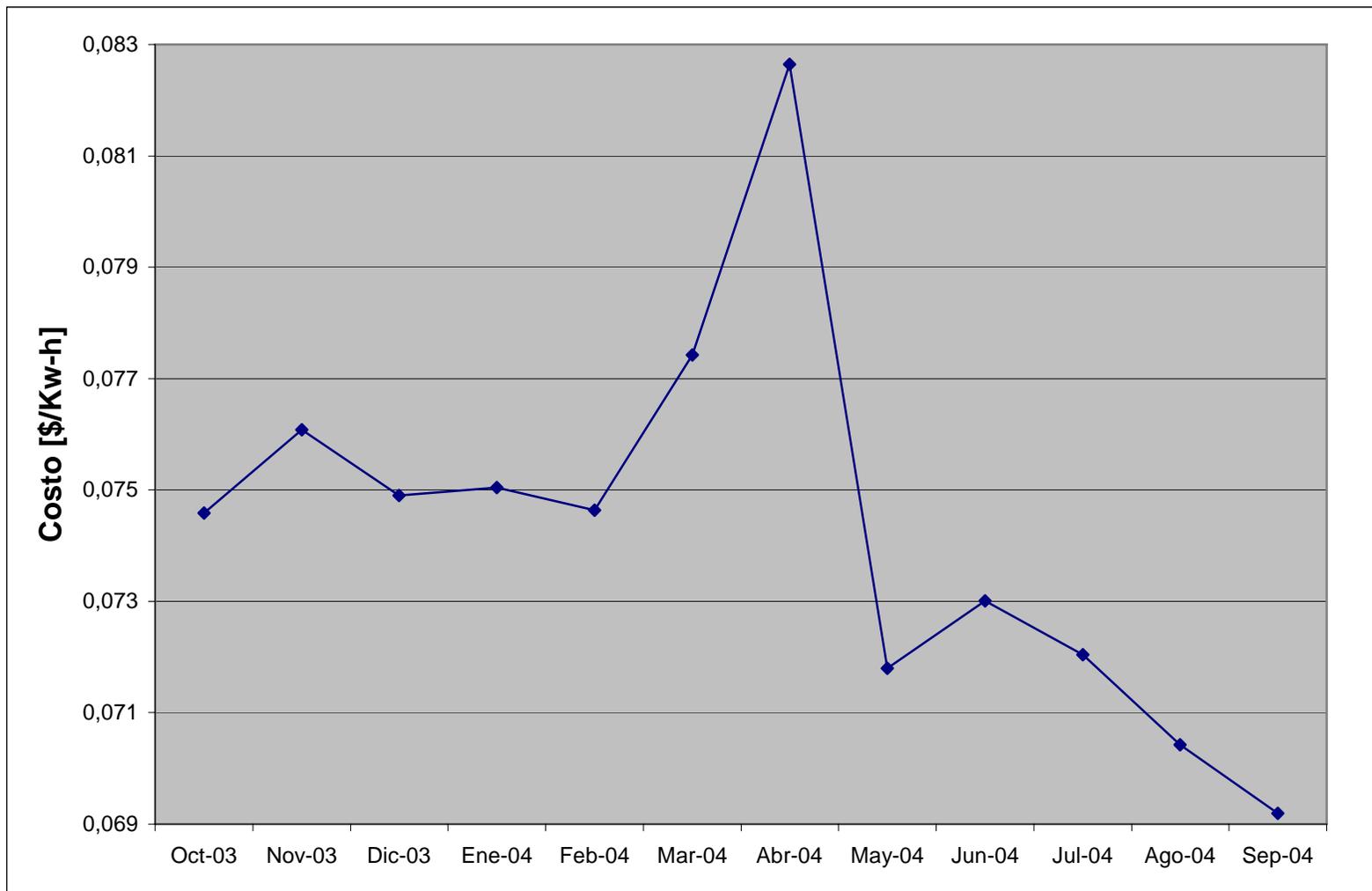
Con las tablas mencionadas se procedió a elaborar las figuras de la 4.31 a la 4.36 con los datos respectivos para cada planta. La figura No 4.31 muestra los costos de energía en el período Octubre 2003 – Septiembre 2004 para la planta No 1, el mismo caso se tiene con la figura No 4.34 pero la planta No 2.

Las figuras 4.32 y 4.35 (planta No 1 y No 2 respectivamente) muestran el costo del KW-h que le representa a la empresa en el período de estudio, se observa que el costo de cada KW-h varía en cada mes, esto es debido a que el precio de dicha unidad varía en los horarios que dispone la E.E.Q. que son de 07h00 a 22h00 y 22h00 a 07h00, lógicamente el horario nocturno es más económico que el de la mañana.

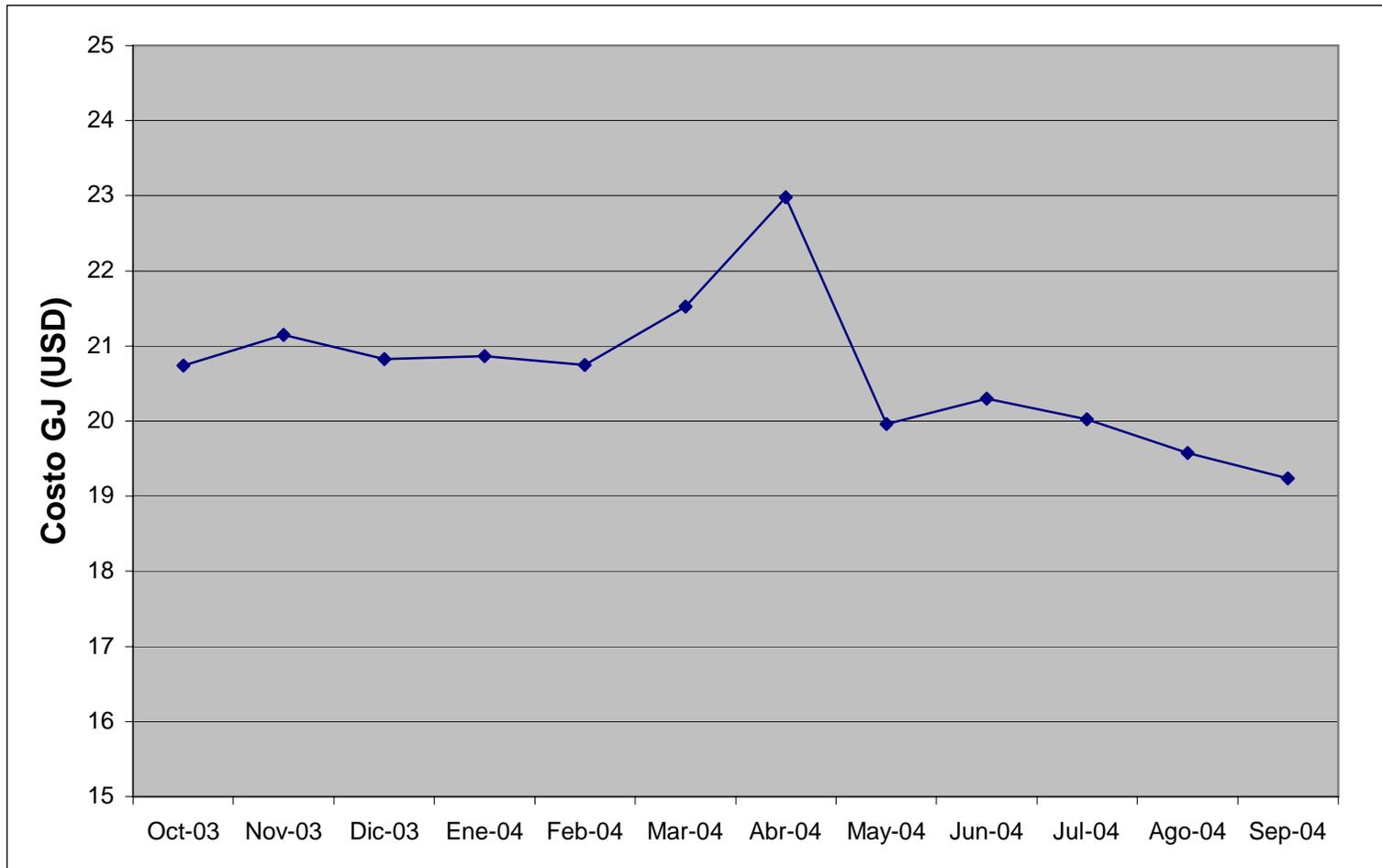
Las figuras 4.33 y 4.36 muestran el costo de cada GJ para la planta No 1 y planta No 2 respectivamente, este precio también es variable ya que para obtener cada GJ depende de los KW-h.



**Figura No. 4.31 Costo de Consumo de Energía Eléctrica por meses (Planta 1)**



**Figura No. 4.32 Costo Kw-h por meses (Planta 1)**



**Figura No. 4.33 Costo GJ por meses (Planta 1)**

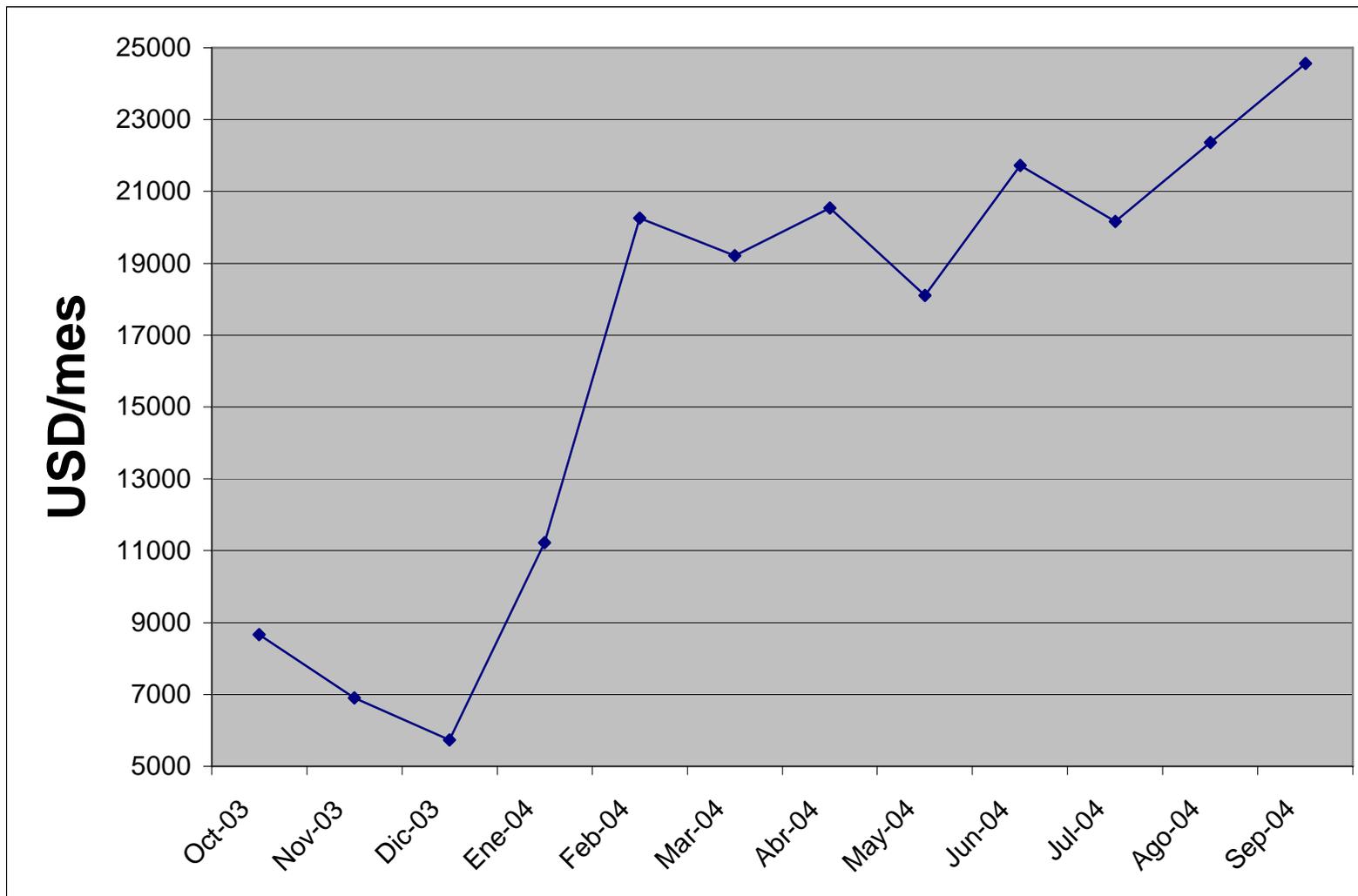


Figura No. 4.34 Costo de Consumo de Energía Eléctrica por meses (Planta 2)

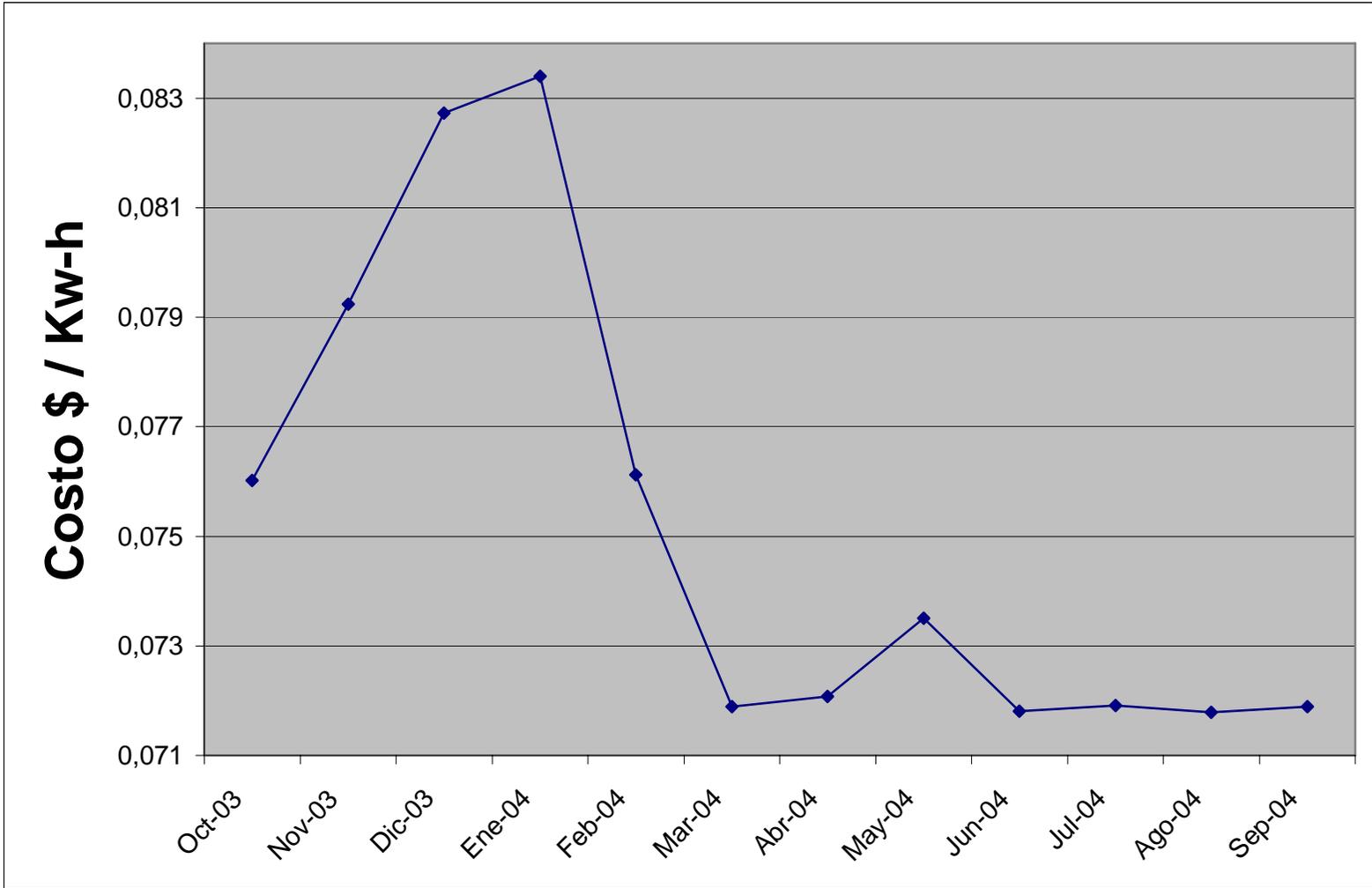


Figura No. 4.35 Costo Kw-h por meses (Planta 2)

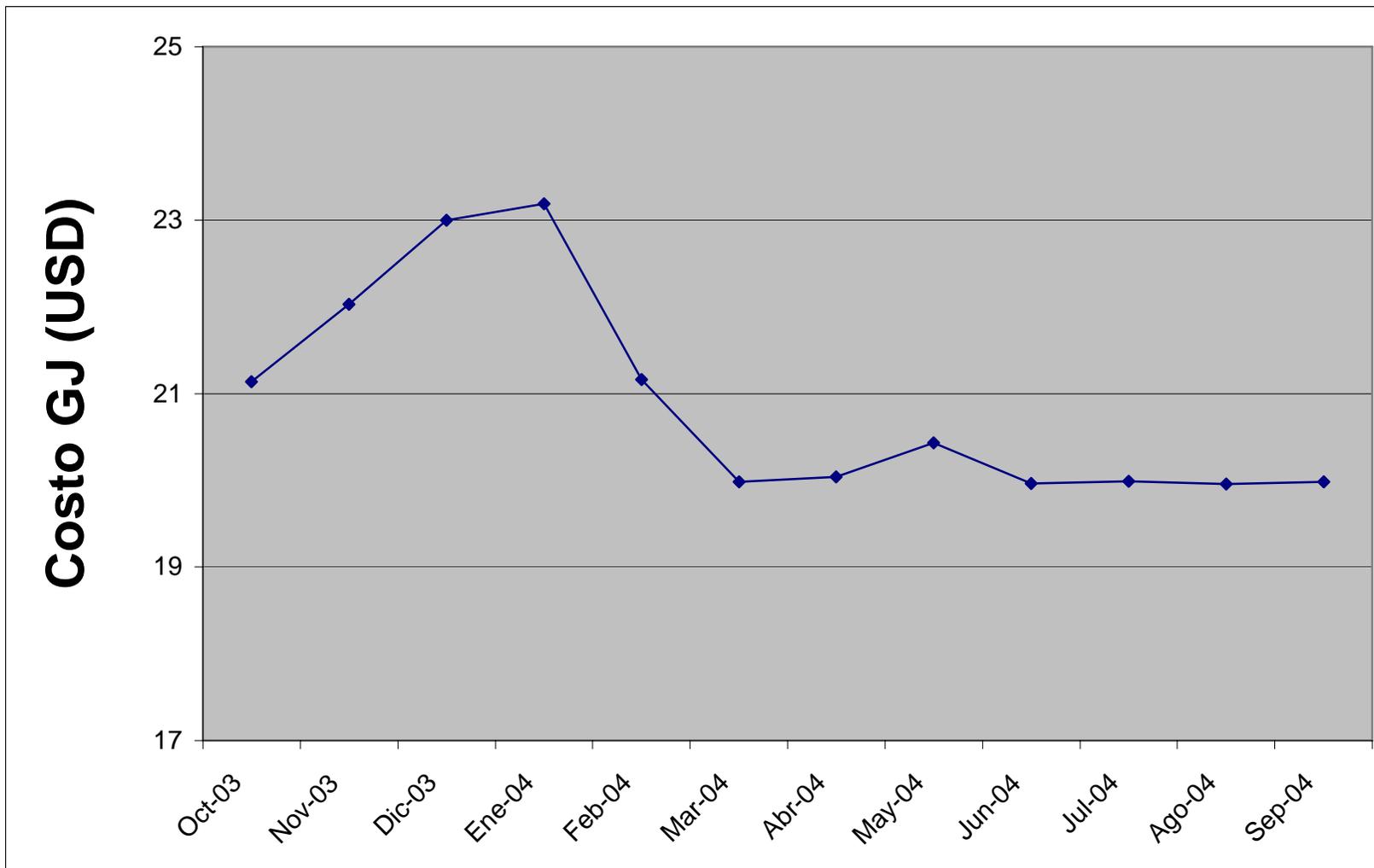


Figura No. 4.36 Costo GJ por meses (Planta 2)



### 4.3.3 Datos de Producción

Por tratarse de una industria que realiza producción en serie, algunos equipos registran una producción que sobrepasan las 4000 unidades por hora, si a estos datos se los transforma a producciones anuales y tomando en cuenta que la empresa trabaja 24 horas al día y siete días a la semana, se tendría un número demasiado grande de productos, por esta razón se ha detallado en las tablas de la 4.3 a la 4.6 la producción de la planta No. 1 en unidades por hora.

**Tabla No. 4.3 Datos de producción de la sección de Inyección (Planta 1)**

<b>MÁQUINA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Unidad/hora</b>
VI 01	Tapa 38 mm, 7 entradas	1500
VI 02	Repostero ¼ Kg.	295
VI 03	Tapa Tazona	280
VI 04	Repostero ½ Kg.	267
VI 05	Tapa Repostero 1/2 Kg.	294
VI 06	Tapa Tazona	278
VI 07	Tapa repostero	300
VI 08	Tapa Erwes parte superior	4664
VI 09	Tapa Erwes parte superior	4612
VI 35	Molde 1 Kg.	158
CO 65	Tapa Bombonera	215
CO 90C	Manija balde 3 -3 1/2 Kg.	720
CO 120	Tapa Balde	79
CO 125A	Tapa Aerosol	265
CO 125B	Tapa Erwes parte inferior	3188
CO 260	Balde blanco de 3,5 Kg.	120

**Tabla No. 4.4 Datos de producción – Soplado Convencional**

<b>MÁQUINA</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>Unidad/hora</b>
SI 5000	Bombonera	219
SI 750	250 cm3 TAMPICO	500
700 A	Aceite mazorca de oro 2 Lt	298
700 B	Aceite mazorca de oro 2 Lt	276
410 A	Frasco jugo 250 cm3	450
410 B	Envase 200 cm3 Miraflores	440
PC	Botellón S/Asa	61
330	Frasco jugo 100 cm3	500

**Tabla No. 4.5 Datos de producción – Soplado Biorientado**

MÁQUINA	DESCRIPCIÓN	Unidad/hora
BK 01	Cocinero de 1 lt	1575
BK02	Envase mazorca de oro 1 lt	553
BK03	Cocinero 1/2 lt	1350

**Tabla No. 4.6 Datos de producción – Soplado PET (Planta 1)**

MÁQUINA	DESCRIPCIÓN	Unidad/hora
AK 01	Botella 330 cm3 Quíntuple	1144
AK 02	Botella 500 ml. Sport	938

La planta No 2 tiene, además de los procesos de inyección y soplado PET, los procesos de extrusión e impresión o flexografía, éstos procesos no pueden ser cuantificados como unidades producidas, sino más bien por metros producidos por minuto, las tablas desde la No. 4.7 a la 4.10 se detalla los datos de producción en la planta No. 2.

**Tabla No. 4.7 Datos de producción – Inyección (Planta 2)**

MÁQUINA	DESCRIPCIÓN	Unidad/hora
INY 220	Preforma de 5 lt.	750
INY 320	Preforma de 3 lt.	625

**Tabla No. 4.8 Datos de producción – Soplado PET (Planta 2)**

MÁQUINA	DESCRIPCION	Unidad/hora
500	Botella de 3 lt.	540
1000	Botella de 5 lt.	1020
AK 03	Botella Manantial 500 ml.	960

**Tabla No. 4.9 Datos de Producción – Extrusión**

MÁQUINA	DESCRIPCIÓN	metros/min
EX 01	Reprocesado 115 x 80 u	13
EX 02	Funda para planta 40" x 80 u	15,5
EX 03	Manga natural 700 mm x 120 u	15
EX 04	Sergio Peña 6" 1/2 x 71 u	16,5
EX 05	PVC 670 x 30 u	14

**Tabla No. 4.10 Datos de Producción – Flexografía**

MÁQUINA	MOLDE	metros/min
FLEX 01	Etiqueta Mazorca de Oro	115
FLEX 02	Fundas impresas (logo)	98

Además de los procesos mencionados en la planta 2, existe una máquina que imprime las marcas de ciertos productos en envases y tiene una máquina complementaria que es un túnel de secado, éstos dos equipos no fueron tomados en cuenta en el consumo nominal ya que representaban un porcentaje inferior al 0.5% de las instalaciones, pero si fueron tomados en cuenta en las mediciones para la auditoria detallada.

Los datos de producción recopilados, tanto en la planta 1 como en la planta 2, pertenecen a datos históricos registrados en cada equipo, con los cuales se puede conocer el desenvolvimiento del equipo, verificando su eficacia y capacidad de producción.

## 4.4 Evaluación de la Planta

EMPAQPLAST S.A. es una empresa que se dedica a la transformación de la resina polimérica, mediante varios procesos de producción, a la elaboración de productos plásticos para el uso de la comunidad.

La Planta No. 1, fue creada hace aproximadamente 13 años, teniendo así máquinas que datan de esa fecha y de fechas anteriores. La Planta No. 2 es más nueva y moderna, tiene máquinas de nueva tecnología y equipos altamente eficientes.

Las dos plantas cuentan para su producción con maquinarias que funcionan netamente con energía eléctrica.

El mantenimiento en ambas plantas es de tipo correctivo, es decir, que no tiene programas de mantenimiento predictivo o preventivo, razón por la cual en varias ocasiones se debe parar la producción para proceder al arreglo del equipo defectuoso, demandando así mano de obra y pérdidas en producción.

En general los equipos se encuentran en buen estado y aceptable funcionamiento, teniendo como la única fuente de energía la eléctrica, aquí será donde se centre principalmente el presente trabajo.

Como resultado de la auditoria preliminar se ha llegado recopilar datos importantes de los equipos como son los que presentan las placas de identificación de cada uno, así como los procesos que realizan las plantas de EMPAQPLAST S.A., estos datos servirán para comparar con los se obtenga en la auditoria detallada, además que quedarán como históricos para futuras aplicaciones de conservación de energía.