

### III.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO DE LA PLANTA DE ALAMBRÓN

Para la fabricación del alambre de 8 mm. de diámetro se cuenta con un horno de fusión tipo flecha de Asarco con una capacidad de 40 tns, de cátodos en su interior y una velocidad de fusión de 25 tns/hr. con 19 quemadores montados para una producción de 150,000 tns. de alambre anual.

Las dimensiones del **horno Asarco** son las siguientes: 29.87 mts desde el nivel del piso hasta la punta de la chimenea, la altura del cuerpo del horno del piso hasta el nivel de la zona de carga de cátodos es de 10.45 mts. la boca de carga mide 1.67 m. y un diámetro interno de la salida del tap hole es de 1.37 m. este horno es cargado de cátodos, barras de cobre desechadas del mismo proceso o de rollos que son rechazados por mala calidad, todo esto con ayuda de un montacargas el que deposita todo este material en un elevador que lo mueve un motor de 15 hp hasta la zona de descarga del horno y desde ahí se viene el material en caída libre hasta llegar a la zona de los quemadores, los cuales utilizan una mezcla de gas natural y aire .

La temperatura que se maneja en el interior del horno es por arriba del punto de fusión del cobre 1084 °C y con un contenido de 80 ppm. aprox. de oxígeno del cobre líquido el cual saldrá por el tap hole o descarga del horno hasta un canal revestido de ladrillo y cemento refractario, en éste canal hay quemadores para evitar se solidifique el cobre cuando esté fluyendo hacia una fosita llamada **trampa de escoria**.

La trampa nos sirve para sacar la escoria, también para muestrear el cobre líquido en pequeños conos y saber las ppm de oxígeno que tenemos hasta éste punto del proceso ya que el oxígeno es un factor importantísimo a controlar. Para este fin se monitorea el monóxido de carbono en cada quemador del horno. El rango normal debe ser 2.1 a 2.5 % CO.

Después de aquí pasa el cobre al **horno de retención** con capacidad de 15 tns. el cuál sirve para proveer un flujo uniforme y constante de cobre al tundish y controlar la temperatura a 1030 °C antes de entrar al **caster**.

En el horno de retención también se puede controlar el oxígeno si éste, está fuera de rango 170-200 ppm, se adiciona maderos o leños para bajarlo o aire para subirlo abriendo las válvulas reguladoras. Antes de entrar al caster el cobre es transportado por gravedad por el **canal número 2**, también tiene quemadores y está revestido de ladrillos y concreto refractario éste tiene la función además de conducir, el de controlar el nivel del cobre mediante unas bobinas como también se puede controlar el oxígeno y la temperatura antes de entrar al caster, esta última se controla agregando alambre en forma directa si es por arriba de 1130 °C.

Una vez con todos los parámetros controlados el cobre entra a una **caja dosificadora** que es de ladrillo y concreto refractario la cual contiene una barra cilíndrica con la punta cónica llamada **stopper rod**.

Al stopper rod lo mueve un motor eléctrico con impulsos para controlar la cantidad de cobre que entrará al **tundish**.

El tundish es un canaleta (con punta especial la que dosifica) móvil electrónicamente

que permite la entrada del cobre líquido al caster

El caster es el moldeador y se opera hasta 11.6 mpm y transforma el cobre líquido a forma de barra de medidas de 60 mm x 75 mm mediante un par de cadenas llamadas **dams blocks** las cuales son de una aleación de cobre y están hechas de blocks unidos todos por una cinta de acero inoxidable.

En el caster hay un sistema de enfriamiento indirecto por agua que ayuda a bajar la temperatura y con ello ayuda a solidificar más a la barra, esta por dentro lleva el cobre líquido aún. De aquí pasa al sistema de **enfriamiento secundario** para enfriar mas la barra a 850 °C por medio de agua a presión directa, conforme va pasando por unas guías en forma de rodillos.

La barra continua el trayecto siendo jalada por unos rodillos llamados pinch rolls I, los cuales tienen sincronía con demás rodillos de **laminación**.

Enseguida pasa la barra debajo de una **cortadora de barra** la cual está inactiva solo entra en funcionamiento cuando así se requiera cortando barras de 1 mt. Este corte se provoca cuando hay problemas en operación, las condiciones de laminación no son las adecuadas o simplemente se va a parar el proceso. La barra en forma continua pasa por unas **cortadoras de aristas**, las cuales giran en el mismo sentido de la barra cortando a 45° las 4 esquinas de la misma, esto para que al momento de laminar la barra no cause imperfecciones en la calidad del alambón como escamas, grietas, entre otras.

Antes de entrar al **tren de laminación** la barra se mantiene con un baño de agua a presión directa para quitar las posibles rebabas que puedan irse a laminación y con esto provocar escamas en el alambón. La barra ya tiene en este punto 800 °C.

Al entrar la barra al tren de laminación la reciben dos **rodillos giratorios** llamados paso no.1, los que compactan a la barra de manera vertical, enseguida pasa por otros dos juegos de rodillos pasos 2 y 3 con molde mas pequeño, pero éstos trabajan a la barra de forma horizontal reduciendo su tamaño y así sucesivamente hasta pasar por 9 pasos más de rodillos con diámetros cada vez más chicos y más redondos.

De manera que al llegar al final de la laminación sale un alambón con diámetro de 8 mm.aprox. En este proceso la barra se baña a alta presión con una **emulsión** con un flujo de 200 m3/hr. a una presión de 4.0 bars, la cuál está compuesta por alcohol isopropílico de 1.0 a 2 % y aceite al 0.5 a 1.0 % lo demás es agua. Esta emulsión hace la función de lubricante, limpieza y enfriamiento a la barra.

El alambón que sale de este proceso entra a otro llamado sistema de limpieza o **decapado**, que através de una línea de tubería de 21 mts. pasa el alambón recibiendo un baño de una solución llamada decapado a presión de 5.0 bars y un flujo de 150 m3/hr. compuesta por agua y alcohol isopropílico a un 3.0 a 4.0%.

Al salir de este sistema el alambón pasa por un aspersor de aire para ser secado antes de entrar al **encerado**. Existe aquí unos rodillos llamados pinch rollos II, que jalan al alambón a la zona de encerado, que es más bien agua y cera lubro 30f al 6% con un flujo de aspersion de 66 lts/min.y a temperatura de 80 °C

---

De aquí pasa a la trompa de elefante donde se inicia la **formación de espiras** para caer sobre el colector de espiras, la velocidad promedio del alambón en esta zona es de 672 m/min.

El rollo ya formado pesa de 2500 a 3250 kgs. Según sea el pedido, con una altura de 1.20' a 1.25 m. con diámetro interno de 0.95 a 1.03 m. y diámetro externo de 1.40 a 1.43 m. Este rollo se forma sobre una tarima de madera.

Bajando el rollo, hasta posarse sobre una banda de rodillos controlados desde un panel eléctrico, los cuales lo transportaran a la zona de **compactado y flejado**.

Posteriormente como paso final es llevado por un montacargas al **almacén** una vez aquí se espera a que se enfríe (de tal modo que no afecte al empaque), para envolverlo con un hule especial para su protección de óxidos y tierra.

## **III.2. ACTIVIDADES QUE DESARROLLAN LOS LABORATORIOS DE CONTROL DE CALIDAD**

Para visualizar un panorama general y ubicar que es lo que cada laboratorio contribuye a la calidad, se enumeran las actividades que cada uno de estos desarrolla.

El departamento de control de calidad cuenta con dos laboratorios: uno de pruebas químicas, ubicado en la parte alta de la planta de alambción, y el otro que es el de pruebas físicas, ubicado en la parte baja del mismo inmueble.

### ***LABORATORIO DE PRUEBAS FÍSICAS***

En este laboratorio se desarrollan diversas pruebas de tipo físico sobre el alambción y estas mismas son efectuadas por el personal de supervisión a cargo del turno y son las siguientes:

1.-PRUEBA DE TORSIÓN. O también llamada prueba 10-10, ésta se hace con la ayuda de una máquina de torsión y es la prueba más importante de todas las físicas efectuadas en la muestra de alambción. En este ensaye se observan defectos sobre la muestra donde se hace la prueba, tales como: grietas, polvo y a veces escamas laminadas.

2.-PRUEBA DE TORSIÓN A RUPTURA. Esta prueba se hace en la misma máquina utilizada en la prueba de torsión o 10-10. En ésta se ve el número de vueltas que soportó la muestra y que a la vez nos dice que tan disponible está el alambción para ser estirado en el proceso posterior con el cliente.

3.-PRUEBA DE TENSION Y % DE ELONGACIÓN. Se efectúa en la máquina universal o llamada de tensión y es una prueba complementaria a la calidad física del alambción. La tensión nos la dá directamente la máquina una vez terminada la prueba, mientras que la elongación la calculamos nosotros mediante una sencilla fórmula matemática.

Este ensaye nos asegura también que tan apto está el alambción para ser estirado en el proceso siguiente.

4.-MEDICIÓN DEL OVALAMIENTO. Este se determina mediante la toma de los diámetros del alambción (con ayuda de un micrómetro) de las parte mínimas y máximas ya que éste no es completamente redondo. La regla internacional de la ASTM marca rangos específicos para el ovalamiento por lo que se tiene mucho cuidado de no sobrepasarlo.

5.- ANÁLISIS DE DEFECTOS SUPERFICIALES E INCRUSTACIÓN. Es otra de las actividades que se realizan en el laboratorio que es la de determinar los defectos y partículas ferrosas por cada rollo de alambón que va saliendo, esto mediante un equipo se computo cargado con un software especial que mediante un sensor conectado en el área de paso del alambón en el proceso nos manda a la pantalla del defectomat el número de defectos superficiales que el alambón trae cada 70 mts. analizados del rollo (el cuál mide aprox. 5,200 mts.), también analiza partículas ferrosas incrustadas.

Al final de cada rollo la pantalla del equipo nos manda la contabilidad de defectos y partículas ferrosas. resultados que analizamos y debemos de comparar contra los límites permitidos y complementar con esto la calidad del rollo de alambón.

6.-PRUEBA DE ESTIRADO. Esta es otra prueba que posteriormente se deberá de efectuar ya que en la actualidad no se hace por estar el equipo incompleto. Esta prueba nos ayuda a asegurar que el alambón cumple con las especificaciones suficiente para el trefilado posterior. Se lleva a cabo en dos equipos de estirado especiales para este fin.

#### REGISTRO DE CARACTERÍSTICAS Y PARÁMETROS

Conforme se van efectuando las pruebas tanto físicas como químicas en su tiempo correspondiente, se van registrando en un formato diseñado especialmente para el reporte de calidad, en un sistema que se utiliza en el complejo metalúrgico llamado SIM (sistema de información metalúrgica) en el visual basic, en una computadora destinada para este fin. Al final del registro cada mañana se obtienen los reportes de calidad de la producción del día.

Cabe mencionar que la calidad se determina en cada rollo producido y esta se registra una vez hechas todas las pruebas pertinentes. El tiempo total para determinar la calidad por rollo de alambón es aproximadamente entre 7 y 8 minutos. Este tiempo se logra debido a que no todas las pruebas se realizan por no ser necesario.

Sólo las pruebas de torsión y ovalamiento (de las físicas) se hacen al 100 % de los rollos.

## **LABORATORIO DE PRUEBAS QUÍMICAS**

1.-ANÁLISIS DE OXÍGENO. Este análisis se hace a muestras del alambón de los rollos producidos, como también a los conos, que son muestras de hornos o canales. Esta prueba es la más importante de las químicas efectuadas. Se analiza en equipos especiales para éste fin. Sus unidades son en ppm.

2.-ANÁLISIS DE AZUFRE. Elemento químico analizado en equipo parecido al del oxígeno y se determina solamente en muestras de alambón y se dá en ppm, su análisis no es tan frecuente como el oxígeno pero es importante hacerlo.

3.-CAPA DE ÓXIDO. La capa de óxido es otra de las pruebas que se hacen en un equipo llamado Popstest, y se hace en una muestra de alambón previamente limpiada con acetona y las unidades son en anstrongs. Con ésta prueba se vé que tan oxidado viene el alambón.

4.-ANÁLISIS DE SOLUCIONES QUÍMICAS DEL PROCESO. Se hacen muestreos de las concentraciones químicas de soluciones que intervienen directamente en el proceso, tales como el alcohol de la emulsión y decapado, la cera, el aceite de la emulsión, ph y conductividad de cada una de las mencionadas.

El alcohol es usado como limpiador del alambón en el proceso, el aceite como lubricante de los rodillos con el alambón o con la barra, la cera es usada como cubridora de óxidos del alambón. El alcohol se determina en un software, cargado a un equipo de computo y horno adjunto, los demás análisis son métodos comunes.

5.-METALOGRAFÍAS DE MUESTRAS DE ALAMBRÓN.- Se hacen montas de pequeños trozos de alambón en acrílico, se pulen y se observan en un microscopio metalográfico: el tamaño del grano, óxidos, bordes, incrustaciones, etc.

Es importante ésta prueba, ya que con todo este trabajo se puede monitorear el proceso o bien determinar las causas de reventamiento del alambón en un estirado posterior con el cliente.

### **6.- ANÁLISIS DE IMPUREZAS DEL COBRE.**

Se toman 8 trozos de la muestra de alambón (0.20 a 0.30 grs.) uno de cada 20 rollos, para el análisis de impurezas químicas como Te, Bi, Se, Ag, Pb, Fe, etc. Este análisis lo efectúa el laboratorio central de control de calidad ubicado en el mismo complejo, este laboratorio pasa la información a refinería en caso de que algún valor salga del rango y también debe avisar a embarques poniendo asteriscos a dichos valores en el reporte que proporciona, para que los rollos listos a embarcar no salgan y sean devueltos de nuevo a la planta de alambón, mientras se investigue el problema.

El método utilizado es por arco atom o por plasma en los análisis.

NOTA: Es importante mencionar que toda información que maneja el laboratorio de calidad es reportada al supervisor de operación, en el caso especial del oxígeno, es reportada inmediatamente por radio al operador de hornos para su control inmediato, y a vez la misma información es tomada por el supervisor de pruebas físicas para la determinación final de la calidad, dependiendo de los demás resultados químicos y físicos.

Los muestreos de concentraciones químicas también son reportadas por radio al supervisor de operación para su control pertinente, y además se registran en un formato especial para su control.

En cuanto a la capa de óxido, esta se registra en el laboratorio de pruebas químicas, en el formato de características físicas y químicas de calidad, mismo que está en red con el laboratorio de pruebas físicas.