



UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD EXPERIMENTAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA



Desarrollo de un plan para el mantenimiento del sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras en una empresa de fabricación de neumáticos.

*Trabajo Especial de Grado presentado para Optar al Título de
Licenciado en Química*

Autor: Br. María de los Angeles Lovera

Tutor: Prof. María Carlota Villegas

Bárbula, Junio 2015

UNIVERSIDAD DE CARABOBO
FACULTAD EXPERIMENTAL DE CIENCIA Y TECNOLOGÍA
DEPARTAMENTO DE QUÍMICA

Desarrollo de un plan para el mantenimiento del sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras en una empresa de fabricación de neumáticos.

RESUMEN

La banda de rodamiento es una de las partes que conforman al neumático. Para su elaboración, las gomas que salen del mezclador son llevadas hasta las entubadoras en donde por un proceso de extrusión a altas temperatura la goma obtiene la forma específica del rodado. Posteriormente, el producto extruido pasa por unos transportadores en donde es rociado con agua de enfriamiento para prevenir el pre-curado antes del proceso de vulcanización. El contacto del agua de enfriamiento con los rodados es de gran importancia, puesto que el agua debe cumplir con ciertos parámetros de proceso para evitar problemas de adhesión de las bandas de rodamiento al momento de armar el neumático. Actualmente, el agua de enfriamiento de las entubadoras no se cuenta con un control adecuado de calidad, es por eso, que se pretende desarrollar un plan de mantenimiento para el sistema de agua, y así garantizar la calidad de los productos semielaborados. Para ello fue necesario determinar las eficiencias de los equipos de la unidad de desmineralización, obteniendo para los filtros de arena y carbón de 68,00% y 97,50% eficiencias para los vasos de presión del equipo de osmosis inversa. Además, se caracterizó el agua empleada en el sistema de enfriamiento de las entubadoras durante 3 meses y se analizó mediante graficas de control todos los parámetros fisicoquímicos, determinando que el pH, hierro y fosfato están fuera de los límites de especificación, lo que ocasiona contaminación microbiológica y formación de incrustaciones. Se estableció un cronograma de actividades para el monitoreo y control de pruebas para el sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras en la elaboración de neumáticos, como procedimiento preventivo de conservación de la calidad del agua.

Palabras claves: banda de rodamiento, agua de enfriamiento, entubadoras

DEDICATORIA

La presente tesis se la dedico a mis padres por hacer de mí una mejor persona a través de sus consejos, enseñanzas y amor. A mis dos grandes amores, mi esposo y mi hijo Santiago, por toda la felicidad y amor que me han brindado. A mi familia por apoyarme siempre.

AGRADECIMIENTOS

Primeramente quiero dar gracias a DIOS, porque sin él, nada de esto pudiera ser posible.

También quiero agradecer a mis padres y familia por ser los pilares de mi vida.

A mi esposo por su amor, compañía y apoyo durante todos estos años de carrera. Gracias por esos momentos inolvidables y espero seguir cultivando nuestra relación.

A la familia PIRELLI DE VENEZUELA por abrirme las puertas para poder realizar esta tesis, en especial al departamento de Desarrollo de Materiales.

A mi tutora la Profesora María Carlota Villegas por guiarme en todas las etapas de esta tesis.

A todos los profesores del departamento de Química de la FACYT, quienes me han forjado como una profesional en esta etapa universitaria, tanto dentro como fuera de las aulas de clase.

A mis compañeros de carrera quienes me acompañaron en esta trayectoria de conocimientos y aprendizajes.

Gracias a todos...

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO I: EL PROBLEMA	11
1.1. Planteamiento del problema	11
1.2. Objetivos de la investigación	13
1.2.1. Objetivo general	13
1.2.2. Objetivos específicos	13
1.3 Justificación de la investigación	14
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	15
2.1. Antecedentes	15
2.2. El neumático	17
2.2.1. Partes de un neumático	17
2.2.2. Proceso de elaboración del neumático	20
2.2.3. Descripción del sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras	27
2.2.4. Parámetros fisicoquímicos para el control de proceso y de calidad en el sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras	32
2.3 Control estadístico de proceso	33
2.3.1 Gráficas de control	34
2.3.2 Curvas de operación del gráfico de control	35
2.4 Diagramas causa-efecto	36
2.4.1 Procedimientos para construir un diagrama causa- efecto	37
CAPÍTULO III: MARCO METODOLÓGICO	39
3.1 Caracterización del agua empleada en el sistema de enfriamiento de las entubadora en la elaboración de neumáticos.	39

3.2 Análisis del funcionamiento del sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras empleada en la elaboración de neumáticos	44
3.3 Identificación de alternativas de mejora para el control de calidad de agua del sistema de enfriamiento de las entubadoras empleada en la elaboración de neumáticos.	45
3.4 Elaboración de un plan de mantenimiento para el sistema de agua de enfriamiento de las entubadora para la elaboración de neumáticos	46
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN DE RESULTADOS	47
4.1 Determinación de la eficiencia de la unidad de desmineralización del sistema de enfriamiento de las entubadoras en la elaboración de neumáticos	47
4.2 Análisis de los parámetros fisicoquímicos del sistema agua de enfriamiento de las entubadoras en la elaboración de neumáticos	50
4.3 Propuesta de mejora para el control de calidad del agua del sistema de enfriamiento de las entubadoras empleada en la elaboración de neumáticos	55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	62
APÉNDICE	64

ÍNDICE DE FIGURAS Y TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS.

	Pág.
1.Circuito cerrado del sistema de agua enfriamiento de las entubadoras	11
2.Diagrama de bloque del sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras	13
3. Partes de un neumático (Semielaborados)	17
4. Proceso de elaboración del neumático	20
5. Banbury (Mezclador)	21
6. Calandra	21
7. Entubadora	22
8. Anilladora	23
9. Armado	23
10. Tipos de enlace de azufre	25
11. Curva de curado	26
12. Mecanismo de reacción para el ajuste del pH	28
13.Filtro de grava y arena	28
14. Filtro de carbón activado	29
15. Ósmosis inversa	30
16. Elemento de la membrana de ósmosis inversa	31
17. Chiller	31
18. Ejemplo de una gráfica de control	35
19. Estructura del diagrama de causa-efecto	38
20. Puntos de muestreo del sistema de agua de enfriamiento	40

21. Fotocolorímetro modelo DR 890 marca HACH	43
22. Conductímetro modelo HC3010	44
23. Diagrama de bloque del equipo de ósmosis inversa	49
24. Gráfica de control para el pH	51
25. Gráfica de control para el hierro	52
26. Gráfica de control para el fosfato	53
27. Diagrama causa- efecto para el agua de enfriamiento de las entubadoras	56

ÍNDICE DE TABLAS.

	Pág.
1. Parámetros fisicoquímicos y de proceso para el control de calidad del sistema agua de enfriamiento de las entubadoras, de acuerdo al manual interno de la fábrica (Agua de enfriamiento del producto extruido)	32
2. Reglas utilizadas para evaluar gráficas de control	36
3. Requisitos de preservación y tipo de envase para los análisis del agua, de acuerdo a la norma COVENIN 2709 (2002)	41
4. Equipos y procedimientos para determinar dureza total	42
5. Equipos y procedimientos para determinar dureza cálcica	42
6. Equipos y procedimientos para determinar alcalinidad	43
7. Sólidos totales disueltos (STD) promedios en los filtros de arena y carbón activado	47
8. Conductividades promedio del equipo de ósmosis inversa	48
9. Eficiencias de cada vaso de presión del equipo de ósmosis inversa	50
10. Análisis del diagrama de causa-efecto para el agua de enfriamiento de las entubadoras	57
11. Parámetros críticos de control para la calidad del agua de enfriamiento de las entubadoras	59
12. Cronograma de análisis del agua de enfriamiento de las entubadoras	60

INTRODUCCIÓN

Una de las partes que conforman un neumático es la banda de rodamiento. Para su elaboración, las gomas que salen del mezclador (banbury), son llevadas hasta las entubadoras en donde, por un proceso de extrusión, la goma obtiene la forma específica del rodado. Los rodados al salir de la entubadora poseen una elevada temperatura debido a la gran cantidad de calor generado producto del quebrantamiento de los polímeros y de las pérdidas por fricción que ocurre en dicho equipo ^[1]. Para prevenir el pre-curado debe reducirse la temperatura, tan rápido como sea posible, antes del proceso de vulcanización, pasando el producto extruido (semielaborados) por unos transportadores en donde es rociado con agua de enfriamiento.^[1]

El contacto del agua de enfriamiento con los rodados es de gran importancia puesto que el agua debe cumplir con ciertos parámetros de proceso como son pH, dureza total, conductividad, turbidez, temperatura, entre otros, para evitar problemas de adhesión de las bandas de rodamientos al momento de armar el neumático. La adhesión en los semielaborados es fundamental en el proceso de armado. La falta de adherencia puede ocasionar desprendimiento de las partes estando el neumático en servicio. Actualmente, el sistema de agua de enfriamiento no cuenta con un control adecuado de calidad, es por ello, que surge la necesidad de proponer un plan de mejoramiento de la calidad del agua del sistema de enfriamiento de las entubadoras, siendo esencial para garantizar la integridad de los semielaborados que serán empleados para la elaboración de neumáticos.

Este trabajo especial de grado está constituido de cuatro capítulos, en el primer capítulo se plantea la problemática existente en el sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras, se formularon los objetivos que conllevan a la solución de la problemática existente y la justificación de la investigación. El segundo capítulo constituye los antecedentes y bases teóricas que sirven de sustento para el desarrollo de la parte experimental. En el tercer capítulo se expone la metodología que se empleó para dar cumplimiento a los objetivos propuestos. El cuarto capítulo muestra los resultados obtenidos a partir de la metodología aplicada.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

Este capítulo presenta el planteamiento del problema y los objetivos específicos a realizar, para cumplir con el objetivo general propuesto. También se desarrolla la justificación relacionada con la investigación.

1.1.Planteamiento del problema.

Los neumáticos están conformados por diferentes partes entre la que se encuentran la banda de rodamiento. Para su elaboración, las gomas que salen del mezclador (banbury) , son llevadas hasta las entubadoras en donde por un proceso de extrusión la goma obtiene la forma específica del rodado o banda de rodamiento. Los rodados al salir de la extrusora, poseen una elevada temperatura debido a la gran cantidad de calor generado producto del quebrantamiento de los polímeros y de las pérdidas por fricción que ocurre en dicho equipo ^[1]. Para prevenir el pre-curado, se debe reducir la temperatura, tan rápido como sea posible, antes del proceso de vulcanización, pasando el producto extruido por unos transportadores en donde es rociado con agua de enfriamiento, recirculada en el proceso, tal como se muestra en la Figura 1.

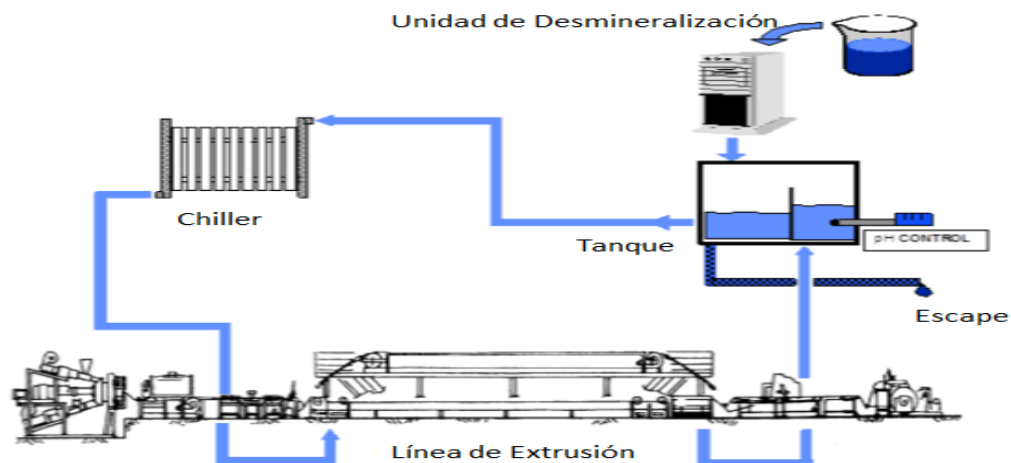


Fig.1: Circuito cerrado del sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras. ^[1]

El contacto del agua de enfriamiento con los rodados es de gran importancia puesto que el agua debe cumplir con ciertos parámetros de proceso como son pH, dureza total, conductividad, turbidez, temperatura, entre otros, para evitar problemas de adhesión de las bandas de rodamientos al momento de armar el neumático donde se unen los semielaborados mediante la pegajosidad o adherencia de los mismos.^[2] La adhesión en los semielaborados es fundamental en el proceso de armado, puesto que afecta la calidad del producto final. La falta de adherencia puede ocasionar desprendimiento de las partes estando el neumático en servicio.

En la Figura 2, se observa el diagrama de bloque del sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras. El diagrama consta de varias fases, en la primera el agua cruda se encuentra en los pozos 1 ,2 y 3, pasando luego por un tratamiento previo que consta de tres etapas: un filtro de arena grava para eliminar sólidos suspendidos del agua, un filtro de carbón activado para eliminar olor, color y compuestos orgánicos y finalmente un equipo de ósmosis inversa el cual garantiza el tratamiento químico y físico del agua. Posteriormente, el agua tratada va a un tanque donde es almacenada. El agua es enfriada en unidades de enfriamiento llamados Chiller, donde es almacenada en un tanque que alimenta las máquinas de la planta, entre ellas la entubadoras, la cual es empleada directamente para enfriar los semielaborados producidos y finalmente el agua retorna al sistema para ser reutilizada. Existen pérdidas de agua en el recorrido del sistema cerrado de enfriamiento, bien sea por posibles fugas o evaporación, por lo cual esta se alimenta nuevamente con agua previamente tratada tal como se describió anteriormente.

Actualmente, el sistema de enfriamiento no cuenta con un control de calidad adecuado, es por ello, que surge la necesidad de proponer un plan de mejoramiento de la calidad del agua del sistema de enfriamiento de las entubadoras, siendo esencial para garantizar la integridad de los semielaborados que serán empleados para la elaboración de neumáticos.

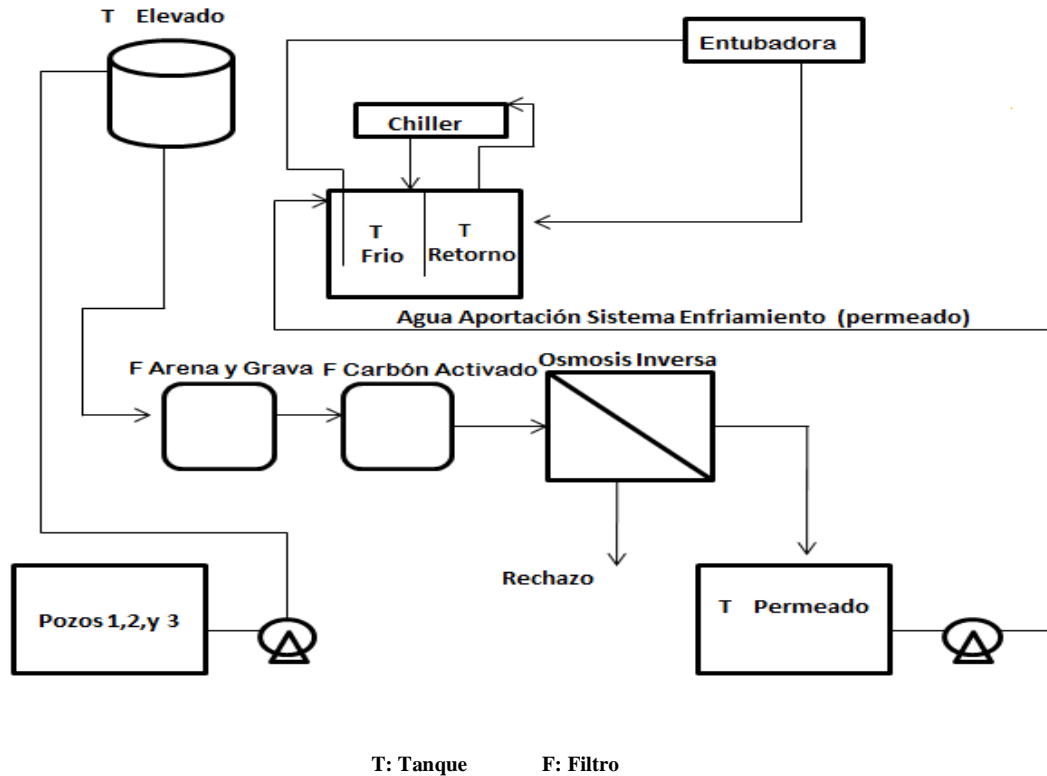


Fig. 2: Diagrama de bloque del sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras.

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo general.

Desarrollar un plan de mantenimiento para el sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras garantizando la calidad de los productos semielaborados en la elaboración de neumáticos.

1.2.2. Objetivos específicos.

1. Caracterizar el agua empleada en el sistema de enfriamiento de las entubadoras para la elaboración de neumáticos.
2. Analizar el funcionamiento del sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras en la elaboración de neumáticos.

3. Identificar alternativas de mejora para el control de calidad de agua del sistema de enfriamiento de las entubadoras empleada en la elaboración de neumáticos.
4. Elaborar un plan de mantenimiento para el sistema de agua de enfriamiento de la entubadoras para la elaboración de neumáticos.

1.3. Justificación de la investigación.

El agua es un recurso fundamental para la actividad industrial, su utilización ha variado a lo largo del tiempo, disminuyendo su aprovechamiento local o puntual como fuente de energía primaria, pero continua siendo imprescindible para el desarrollo industrial. Puede ser usada como carga fabril en procesos de lavados, diluciones, enfriamiento o transporte.

Además, los procesos productivos han evolucionado hacia tecnologías que proporcionan una mayor calidad de producto, pero que al mismo tiempo exigen una calidad más alta en las materias primas que intervienen, y entre ellas el agua de proceso, es por eso que los acondicionamientos de la misma han de ser importantes, más si la calidad del producto está relacionada con la calidad del agua, una buena gestión permitirá adecuarlas, y por tanto asegurar su calidad.

El desarrollo de un plan de mantenimiento para el sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras en la fabricación de neumáticos, se considera de gran importancia puesto que podría mejorar la producción de los semielaborados, mediante la elaboración alternativas que garanticen el correcto funcionamiento del sistema de enfriamiento de agua.

Por otro lado, la realización de este trabajo especial de grado, le brinda renombre a la Universidad de Carabobo, e impulsa nuevos perfiles de enseñanza, promoviendo también la integración Empresa-Universidad con temas académicos, sociales y ambientales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

En este capítulo se presentan los antecedentes relacionados con la metodología o contenido del objeto de estudio y los cuales pueden servir como sustento al mismo. Además, se desarrolla la base teórica que respalda la investigación.

2.1. Antecedentes.

Vargas, J. & Linares, J. **“Mejoramiento del sistema de producción de bandas de rodamiento en la extrusora de 10” × 10” de la C.A GOODYEAR de Venezuela”**, Trabajo Especial de Grado, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Química, Universidad de Carabobo. (2000).

El trabajo se basó en evaluar el sistema de producción de bandas de rodamientos en la extrusora de 10x10 pulgadas de la empresa, con el fin de disminuir el porcentaje de rechazo hasta un 4% de producción diaria. Para cumplir con los objetivos se procedió a realizar la medición de las variables, tales como la temperatura de entrada y salida del agua de enfriamiento utilizada en el proceso de fabricación de bandas de rodamiento, caídas de presión, velocidad de los sistemas de transporte, velocidad de rotación de los cilindros de los molinos y porcentaje de encogimiento del componente extraído. Entre las conclusiones más importantes se determinó que es necesario implementar procedimientos más específicos para el arranque, operación y parada del proceso de fabricación de las bandas de rodamiento tendientes a lograr una mejor coordinación entre el personal que controla el proceso, así como controlar de manera más precisa la cantidad de desperdicios generados. La importancia de este trabajo para la actual investigación radica en que se determina que la temperatura del sistema de enfriamiento es una variable que influye en el sistema de producción de bandas de rodamiento en las extrusoras o entubadoras el cual es proceso de estudio.^[2]

Pérez, E. **“Evaluación y mejoramiento del tratamiento químico del sistema de enfriamiento de una industria metalúrgica”**. Caso: ALUCASA. Trabajo Especial de

Grado, Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología, Escuela de Química, Universidad de Carabobo. (2004).

La finalidad de este trabajo fue evaluar y mejorar el tratamiento químico del sistema de enfriamiento de la empresa ALUCASA. Para ello fue necesario verificar la frecuencia, tipos de análisis y químicos utilizados. Además, identificar los parámetros hidráulicos del sistema, establecer un programa de control fisicoquímico y microbiológico para regular los procesos de corrosión, incrustación y contaminación microbiológica, también se determinó la condición en el que se encuentra la resina de intercambio iónico. La metodología empleada consistió en realizar ensayos de dureza total, pH, alcalinidad, conductividad, ciclos de concentración y sólidos totales disueltos (STD) diariamente del sistema. Pérez concluye que las aguas de enfriamiento bajaron los parámetros fisicoquímicos, encontrándose dentro de las especificaciones. Esta investigación se basó en medir los parámetros fisicoquímicos que se deben controlar en un sistema de enfriamiento, en este sentido se pueden tomar de referencia y dar un enfoque a la presente investigación adaptándolo a la industria y área en estudio.^[3]

Djukich, M. & Sandoval. **“Propuesta para el mejoramiento del sistema cerrado de agua de enfriamiento utilizada en las máquinas de inyección y soplado de plástico de la empresa MAGGIE PAUL C.A”**. Trabajo Especial de Grado, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Química, Universidad de Carabobo. (2010).

El objetivo principal de este trabajo fue realizar una propuesta de mejora al sistema cerrado del agua de enfriamiento en las máquinas de inyección y soplado de plástico de la empresa comercializadora de envases plásticos. La metodología empleada se basó en un reconocimiento de los factores que de alguna manera influyen en la problemática existente, para así determinar las variables de mayor impacto sobre la calidad de agua de enfriamiento utilizada en el proceso. Además se encontraron que la alta dosificación de químicos aumenta las variables de pH, conductividad y sólidos totales disueltos, así como también promovió la formación de espuma en el sistema de enfriamiento. Esto condujo a un ajuste de la dosificación de los químicos. La propuesta seleccionada comprendió un control manual del sistema actual de pre tratamiento del agua de proceso. En esta investigación se concluyó que las incrustaciones presentadas en los canales de enfriamiento de los moldes

de las máquinas de inyección y soplado se debían principalmente a la precipitación de las sales de calcio y magnesio. La metodología que emplearon en esta investigación sirve de referencia para fijar puntos críticos que se deben evaluar en un sistema cerrado de agua de enfriamiento el cual es el objeto de estudio de la presente investigación. [4]

2.2. El neumático.

El neumático es un conjunto de varias gomas y químicos reforzados con cuerdas textiles y de acero, que se coloca en las ruedas de diversos vehículos y máquinas. Su función principal es permitir un contacto adecuado por adherencia y fricción con el pavimento, posibilitando el arranque, el frenado y la guía. [5]

2.2.1 Partes de un neumático.

El neumático está formado por un conjunto de semielaborados vulcanizados. Su estructura se puede visualizar en la Figura 3.

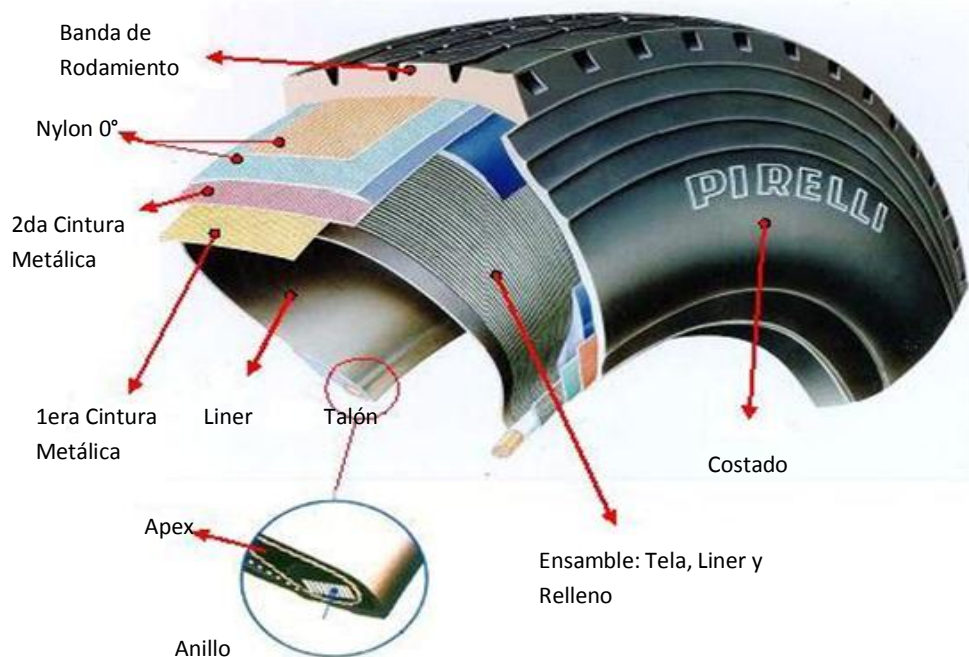


Fig. 3: Partes de un neumático (Semielaborados). [6]

Las partes del neumático que se indican en la Figura 3 se describen a continuación:

1. Carcasa

Es la parte resistente del neumático, su función es resistir la presión de inflado y las demandas generadas por las cargas, velocidades, etc. Está conformada por telas engomadas superpuestas, talones, refuerzo de talones y los costados. Dichas telas (o por lo menos una de ellas) pasa por dentro de los talones y el exceso se vuelca formando un refuerzo que aumenta la rigidez de la zona del talón. Es además la base donde se colocaran los restantes semielaborados. ^[6]

2. Talones

Un talón es un aro de alambres de acero, engomados, cementados y prevulcanizados, al cual se le agrega una capa de goma de forma triangular en su parte exterior llamada ápex, si el neumático es radial, de lo contrario no lleva este agregado.

Los talones tienen la función de fijar el neumático a la llanta y servir de sostén a la tela de la carcasa. El número de vueltas y el diámetro del alambre del talón, dependen de la medida de la cubierta y de los requerimientos de la misma.

El ápex es un elemento de goma de elevada rigidez, puede estar cubierto por una capa de tejido engomado, llamada “cubre talón”, que le aumenta su resistencia. La función del ápex es dar rigidez a la zona del talón (mejora la estabilidad y dirección) y generar una continuidad geométrica para el volcado de la tela. Se utilizan en las cubiertas con mayor exigencia de carga como son camioneta y camión. ^[6]

3. Banda de rodamiento.

Es la parte del neumático que entra en contacto con el terreno, está constituida una faja de goma colocada sobre la parte externa de la carcasa. Sobre ésta se encuentra estampada una serie de canales y ranuras, llamado “dibujo”. Dicho dibujo y el tipo de goma con el que se elabora un rodado se diseñan teniendo en cuenta el tipo de terreno en el que se utilizará el neumático (piso mojado, arena, nieve, asfalto, barro etc.) y el tipo de uso (deportivo, urbano, rural, etc.). ^[6]

El rodado tiene la función de transmitir los esfuerzos de tracción, frenada y tenida (agarre) entre el vehículo y el terreno.

La mezcla (tipo de goma) con la que se elabora un rodado le otorga gran resistencia a la fricción y a los cortes.

4. Costados.

Es un elemento de goma encargado de dar protección a la carcasa del contacto con elementos externos, otorgándole además resistencia y flexión. Es colocado desde la zona del talón hasta el hombro del neumático. Al cubrir la zona de flexión de la cubierta el material del costado debe ser flexible y de baja histéresis para reducir la generación de calor.^[6]

5. Nylon 0° (cero grados)

Tejido de hilos textiles (dispuestos paralelamente) engomados. Cumple con la función de proteger a la cintura cubriéndolos de posibles rupturas y elementos extraños que provocarían por ejemplo una oxidación de la misma, lo cual disminuye la vida útil del caucho, además de esto, también aumenta el confort del caucho, funcionando como amortiguador de las irregularidades del terreno.^[6]

6. Cinturas metálicas

Son tejidos de alambres de acero engomados (paralelos entre sí), dándole la característica principal al neumático (radial de acero) y la forma plana en la zona de rodamiento. Estas se cortan con un ángulo determinado para distribuir los esfuerzos a que está sometida esta zona.

Se colocan dos capas (una sobre la otra) y con el ángulo invertido para aumentar la resistencia del conjunto.

En todas las medidas de neumáticos se le agrega a la primera cintura, en sus laterales, una cinta de goma (lista extremo cintura), ésta cumple la función de evitar que se

abran los hilos de acero en los laterales de la cintura y produzcan un defecto en el producto terminado.

En algunas medidas se agrega sobre la segunda cintura una tira de tejido engomado llamado “Bandine”. Dichas tiras tienen la misma función del nylon a 0°, con lo cual se evita el colocado del nylon 0° de la forma habitual (cubriendo toda la superficie de la cintura). [6]

2.2.2 Proceso de elaboración del neumático.

Para el proceso de fabricación del neumático se incluyen varias acciones que ocurren en forma planificada y producen el cambio ó la transformación de materiales, objetos y sistemas que son necesarios a lo largo del proceso, al final de los cuales se obtiene como producto el neumático.

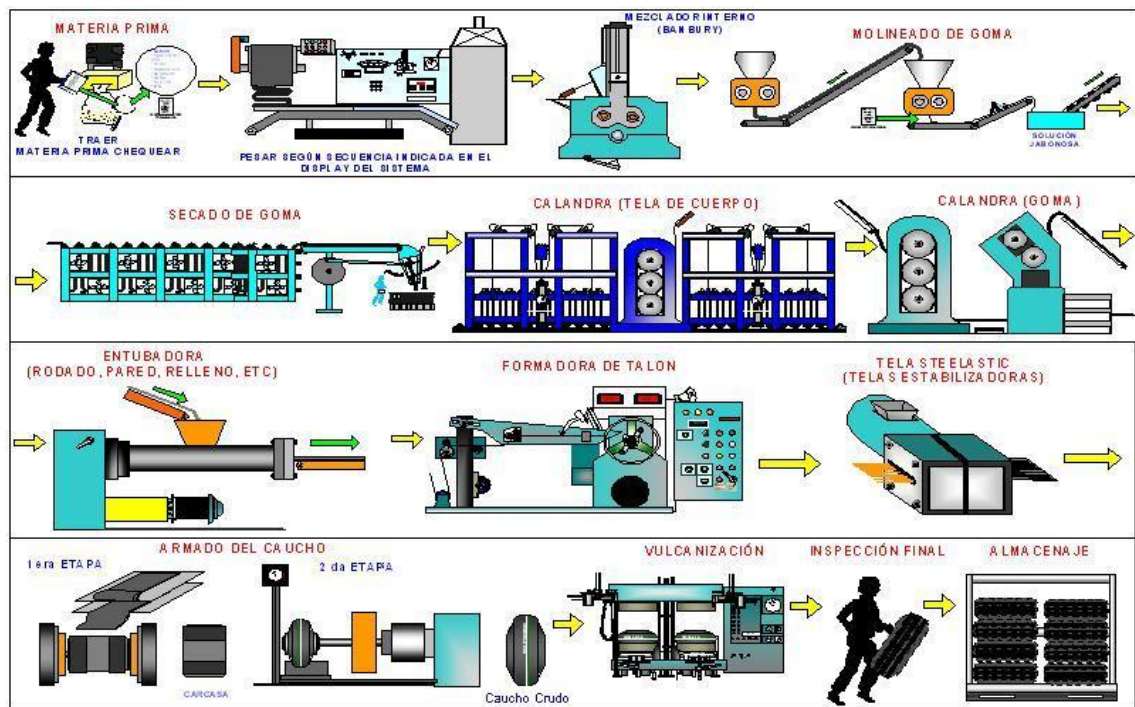


Fig.4: Proceso de elaboración del neumático. [7]

En la Figura 4 se puede visualizar el proceso de elaboración del neumático, el cual se describe a continuación:

1. Mezclador o Banbury

Es una cámara de mezclado cerrada puede observarse en la Figura 5, con dos rotores internos en donde se rompen y amasan los componentes (cauchos sintéticos y naturales diferentes) previamente pesados según receta, formando una mezcla llamada “Master Batch”.^[8]



Fig. 5: Banbury (Mezclador)^[9]

Luego para generar la mezcla final se le agregan los agentes vulcanizantes, como el azufre elemental, activadores (óxido de zinc) y acelerantes, donde forman complejos para así obtener una mezcla final, dichos también son previamente pesados según la receta. Esta mezcla final, será el material base para la elaboración de las diferentes capas o semielaborados que se superponen en el neumático.^[8]

2. Calandra Textil:

El calandrado es un proceso de conformado, el cual se lleva a cabo en la calandra (Figura 6), donde se recubren los tejidos con una lámina de goma, pasando la goma entre rodillos metálicos calientes y después estas láminas de goma se pasan junto a la tela por la calandra, donde se unen y salen listas para utilizar en producción con el espesor y ancho requerido.^[8]



Fig. 6: Calandra.^[9]

3. Calandra Metálica:

Al igual que la calandra para telas, su función es recubrir con una lámina de goma una serie de alambres de acero, que posteriormente serán las cinturas metálicas de la línea de neumáticos radiales, esas cinturas son cortadas en la cortadora con un ángulo determinado. [8]

4. Entubadoras:

Son extrusoras, que tienen una pieza en forma de tornillo sinfín, esta se alimenta de material (compuesto de goma) y se presiona para que salga por una boquilla (pre-forma) y luego por una matriz que le da el perfil que se quiere para los semielaborados. La Figura 7 muestra una imagen de una entubadora. [8]



Fig. 7: Entubadora. [9]

Las entubadoras tienen un sistema de calentamiento para facilitar la homogenización del material, cada componente (semielaborado) tiene una temperatura de extrusión específica. Las temperaturas de extrusión altas ocasionan degradación de los ingredientes alterando el proceso de vulcanización y propiedades del neumático. Los semielaborados obtenidos de las entubadoras deben someterse a un tratamiento de refrigeración o sistema de enfriamiento, que les permita recoger y enfriar para evitar el pre curado o vulcanización. [7]

Los productos de la extrusión pueden ser enfriados por pulverización, goteo (riego) o inmersión en tanques de enfriamiento. En la pulverización la tira extruida entra en contacto directamente desde arriba por gotas finamente pulverizado de agua que se evaporan debido a la absorción de calor progresiva, la parte inferior del producto extruido es enfriado por acero inoxidable o correa transportadora que están bañadas por fuentes de agua desde

abajo. En el caso de los sistemas de goteo (riego) las gotas deben ser capaces al entrar en contacto con el producto y no formar depósitos de agua o piscinas en la superficie del material, la parte inferior del producto es enfriado como en el sistema de pulverización.^[2]

5. Anilladora de Talones:

Son las máquinas encargadas de fabricar los talones, la Figura 8 muestra la anilladora.^[8]

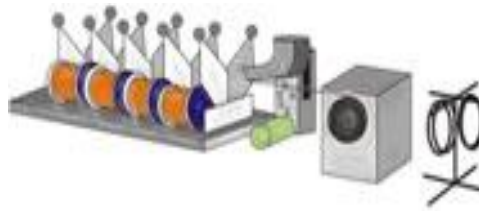


Fig. 8: Anilladora.^[9]

6. Armado

El armado es la fase del proceso de elaboración del neumático donde se unen los semielaborados, el armado es diferente entre neumáticos convencionales, donde solo hay una fase de armado, y neumáticos radiales donde hay dos fases, la maquina empleada en armado se observa en la Figura 9.^[8]



Fig. 9: Armado.^[9]

- Primera Fase de Armado:

En esta fase se forma la carcasa, constituida por telas, talones, costados y antifricción, en neumáticos radiales, para los convencionales, la carcasa tiene además la banda de rodamiento.^[8]

- Segunda Fase de Armado:

Por esta fase solo pasan los neumáticos radiales, aquí se le agregan a la carcasa la banda de rodamiento y los absorbedores, formando lo que se conoce como “neumático o caucho crudo”, que es el neumático con todos sus componentes, listo para entrar en el proceso de vulcanización.^[8]

- Pintadora:

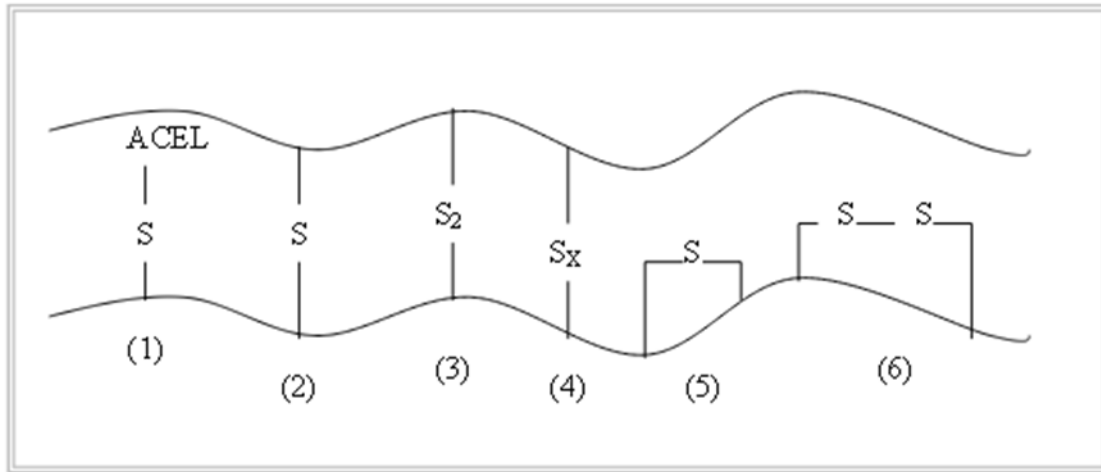
La pintadora es una máquina que toma al neumático crudo y le aplica en su interior una delgada capa de pintura especial que actúa como lubricante para evitar que este se quede adherido a los sectores de los moldes en el proceso de vulcanizado.^[8]

7. Vulcanizado

El vulcanizado es un proceso mediante el cual el neumático crudo en presencia de azufre y otros agentes vulcanizantes que se agregan durante la fabricación de semielaborados, altera sus propiedades físicas, poniéndolo elástico, insoluble y se diferencia del neumático crudo por su mayor resistencia mecánica y térmica. La vulcanización se define como la reacción química que produce la formación de enlaces entre las cadenas de un polímero.

El mecanismo de vulcanización y su aceleración dependen de la estructura del polímero (goma natural o sintética), tipo y concentración de acelerantes, activadores (óxido de zinc y ácido grasos) y la termodinámica de cada reacción. Los entrecruzamientos resultantes pueden ser mono-, di-, tri- o poli-sulfídicos, tal como se observa en la Figura 10, con una proporción que está determinada entre otros factores por el sistema de

vulcanización, el tiempo de curado y la temperatura. El acelerante incrementa la velocidad de curado y la eficiencia del entrecruzamiento con azufre.



- (1) Azufre pendiente terminado por el acelerante (2) Enlace monosulfuro (3) Enlace bisulfuro (4) Enlace polisulfuro ($x > 2$).
 (5) Ciclo monosulfuro (6) Ciclo bisulfuro

Fig. 10 Tipos de enlace de azufre. ^[10]

Hay tres sistemas reconocidos de vulcanización con azufre: El convencional o ineficiente, el curado eficiente (EV) y el semi eficiente (semi-EV). Estos difieren principalmente en el tipo de enlace con el azufre que se forma, lo que influye en las propiedades del producto vulcanizado. El término “eficiente” se refiere al número de átomos de azufre por enlace. ^[10]

La vulcanización convencional genera enlaces polisulfuros, la vulcanización eficiente (EV) tiene enlaces mono y disulfuro y la semi eficiente (semi-EV) enlaces disulfuros y polisulfuros. La eficiencia del sistema de vulcanización está relacionada con la proporción en que se añade el acelerante y el azufre. Cuando la relación acelerante/azufre es mayor que 1, se habla de sistema eficiente porque se establecen casi exclusivamente enlaces monosulfuros; si dicha relación es menor que 1, se formarán enlaces polisulfuros tratándose de sistemas ineficientes o semieeficientes. ^[10]

El proceso de vulcanización se distingue en tres etapas, la inducción, el curado y el sobrecurado, representados en la Figura 11. La inducción representa el tiempo en el que no ocurre enlace, estando la muestra a la temperatura de vulcanización. Tiene gran importancia práctica debido a que determina la seguridad del material contra la vulcanización prematura. En la etapa de curado, se forman los enlaces a una velocidad que depende de la temperatura y de la composición del caucho. Luego de cierto tiempo, se alcanza el punto óptimo de curado, en el que se ha producido un 90% de entrecruzamiento. El sobrecurado es la tercera etapa y ocurre si luego del punto óptimo de curado se continúa calentando el caucho. En esta etapa puede ocurrir un endurecimiento o ablandamiento del producto. ^[10]



Fig. 11 Curva de curado. ^[10]

En el proceso de elaboración del neumático se coloca el neumático crudo en la prensa de vulcanizado, quedando la cámara de vulcanizado (vejiga) en el interior del caucho crudo, posteriormente la prensa se cierra, cubriendo totalmente al neumático, en ese momento la cámara de vulcanizado se infla y comprime a alta presión al neumático contra las paredes del molde, en un proceso donde intervienen aire comprimido, vapor de agua y nitrógeno.

El proceso ocurre a alta presión y alta temperatura durante un tiempo determinado para cada medida, un sobre-vulcanizado empeora las propiedades del neumático, y un sub-vulcanizado deja partes del neumático “crudas”, lo cual ocasiona fallas en el producto terminado. Finalmente, la prensa se abre y sale el neumático con sus dibujos bien definidos, listo para el post-inflado, en los neumáticos que lo requieren, y luego su posterior inspección.^[8]

8. Inspección

Cada neumático que se fabrica, pasa por un estricto control de calidad e inspección antes de salir al mercado.

9. Almacenado

Una vez que el neumático ha pasado por los controles de calidad y uniformidad, este pasa al área de almacenado. Donde son ordenados, para su posterior distribución en el mercado nacional.

2.2.3 Descripción del sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras .

El sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras tiene un caudal de circulación de 250 m³/ h y un volumen de 56 m³, dicha agua debe tener una temperatura menor a 20°C, y ajustes de pH en el proceso mediante sistemas de ajuste dióxido de carbono (CO₂) en la figura 12 se ilustra la secuencias de reacciones químicas que ocurre para ajustar el pH. El agua está en circulación mediante en un sistema de circuito cerrado como se observa en la figura 1, donde las pérdidas por fugas y evaporación de agua son recuperadas con agua previamente desmineralizada. La unidad de desmineralización está constituida por un sistema de filtración y remoción de partículas sólidas del agua, formada por conjunto de filtros de grava y arena, un filtro de carbón activado y finalmente un equipo de osmosis inversa, obteniendo un flujo de agua pura, esencialmente libre de minerales, coloides, partículas de materia y bacterias. El agua tratada va a un tanque de permeado donde es almacenada. El agua es enfriada por unidades de enfriamiento llamados Chiller, donde es almacenada en un tanque que alimenta las máquinas de la planta, entre ellas las

entubadoras, la cual es empleada directamente para enfriar los costados y rodados. Las unidades para la desmineralización del agua de enfriamiento se describen a continuación.

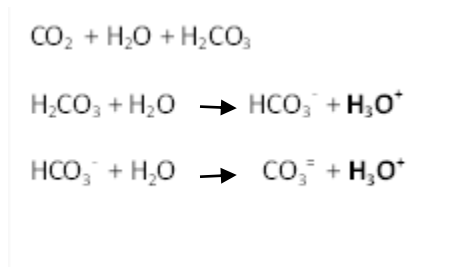


Fig. 12: Mecanismo de reacción para el ajuste de pH. ^[1]

1. Filtro de grava y arena:

Se le llama así precisamente porque es un lecho de grava y arena el que retiene las partículas suspendidas en el agua como se muestra en la Figura 13.

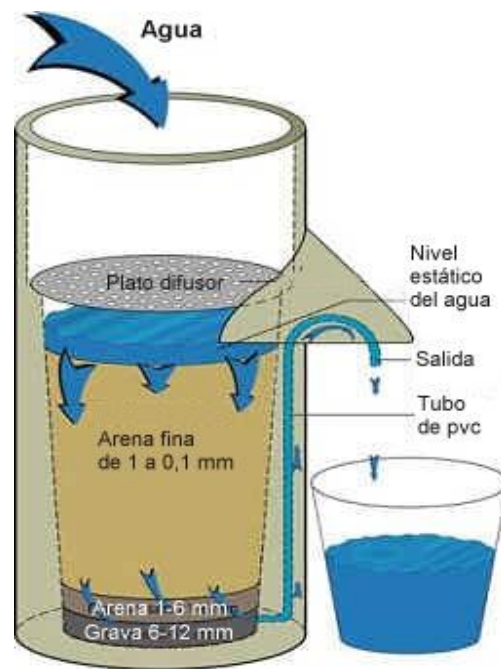


Fig. 13: Filtro de grava y arena. ^[11]

El mecanismo de remoción de estos sólidos es de diferente naturaleza. En el proceso intervienen fuerzas de cohesión entre el material formado y las partículas en suspensión, aunque también se manifiestan fuerzas de atracción electrostática del tipo de fuerzas de London y de Van Der Waals. En este tipo de filtros, el agua fluye a través de un lecho de grava y arena (ver Figura 13). Las propiedades del medio, causan que el agua tome caminos erráticos y largos trayectos, lo cual incrementa la probabilidad de que el sólido tenga contacto con otras partículas suspendidas, y con el medio formado en la superficie del gránulo de grava o arena, siendo de esta manera retenido entre el material filtrante. ^[11]

2. Filtro de carbón activado:

Los filtros de carbón activado (Figura 14), remueven los compuestos orgánicos volátiles (COV'S), los pesticidas y herbicidas, los compuestos trihalometanos, radón, los solventes y otros productos de origen antropogénico, que se encuentran como contaminantes en las aguas.

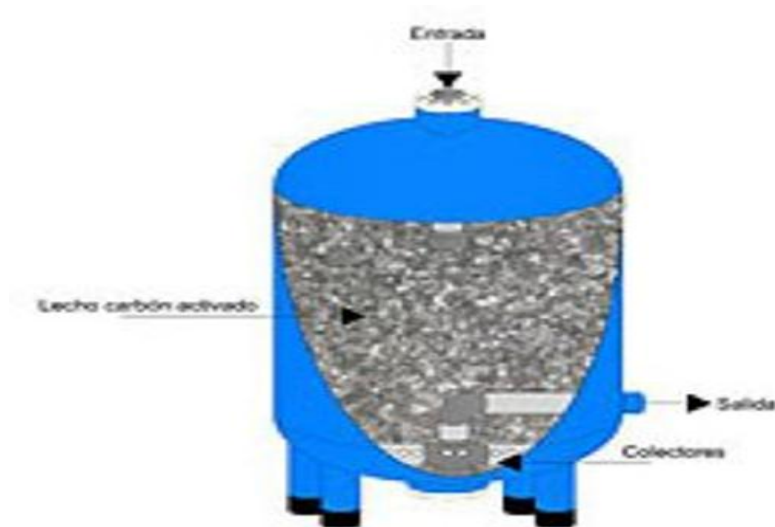


Fig. 14: Filtro de carbón activado. ^[12]

El carbón activado es preparado a partir de diversos materiales, tales como, carbón, madera, cáscaras de nueces, turba y petróleo. El carbón se transforma en

"activado" cuando es calentado a altas temperaturas entre 800 y 1000 °C, en ausencia de oxígeno. El resultado es la creación de millones de poros microscópicos en la superficie del carbón. Esta enorme cantidad de área superficial proporciona grandes oportunidades para que tenga lugar el proceso de adsorción. El carbón activado tiene una fuerte atracción adsorptiva para otras moléculas (orgánicas) basadas en el carbono y es excelente en retener firmemente moléculas más pesadas tales como compuestos orgánicos aromáticos (aquellos que pueden ser óxidos).^[12]

3. Ósmosis inversa:

Es la separación de componentes orgánicos e inorgánicos del agua, por el uso de presión ejercida en una membrana semipermeable mayor que la presión osmótica de la solución. La presión fuerza el agua pura a través de la membrana semipermeable, dejando atrás los sólidos disueltos. Para poder alcanzar una presión superior a la presión osmótica, el agua debe fluir en sentido contrario. El agua fluye de la columna con un alto contenido en sólidos disueltos a la columna con bajo contenido en sólidos disueltos como se muestra en la figura 15.^[13]

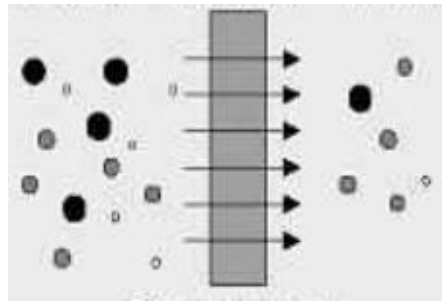


Fig. 15: Ósmosis inversa.^[13]

La membrana de ósmosis inversa, es una película de acetato de celulosa y tiene una multitud de poros submicroscópicos en su superficie. Estas membranas pueden ser formuladas para dar grados variantes de rechazo de sal. Algunas membranas tienen una habilidad de rechazo de 50 a 99%. La palabra rechazo es usada para describir la repulsión de los iones por la membrana.^[13]

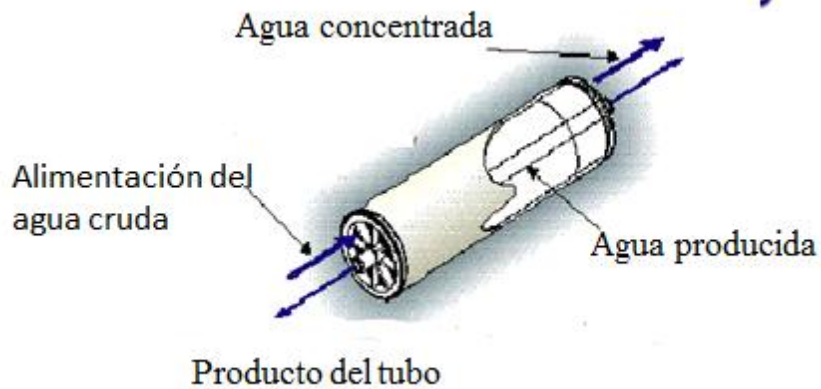


Fig. 16: Elemento de la membrana de ósmosis inversa. ^[13]

4. Chiller:

Son unidades enfriadoras de líquidos. Se emplean para regular la temperatura del agua calentada mediante la absorción de calor durante el enfriamiento de los semielaborados en las entubadoras. Estos utilizan Freon 22 como refrigerante donde el funcionamiento se compone de un intercambiador de calor. ^[2]

Los chillers (Figura 17), se presentan en diferentes tamaños y formas, dependiendo del fabricante, con capacidades que van de una a varias Toneladas de Refrigeración (TR). Se emplean diferentes tipos de compresores de refrigeración como pueden ser del tipo semihermético, hermético o de tornillo. Los evaporadores suelen ser del tipo casco y tubo aunque pueden ser también de placas, todo dependerá de la aplicación. Los condensadores de los “chillers” suelen ser principalmente enfriados por aire aunque puede haber enfriados por agua. ^[14]



Fig. 17: Chiller. ^[14]

2.2.4 Parámetros fisicoquímicos para el control de proceso y de calidad en el sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras.

El agua de enfriamiento debe estar completamente controlada para asegurar la calidad de las mismas y mantener los parámetros fisicoquímicos de proceso, en la tabla 1 se observan los parámetros de control para el sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras en la fabricación de neumáticos.

Tabla 1: Parámetros fisicoquímicos y de proceso para el control de calidad del sistema agua de enfriamiento de las entubadoras, de acuerdo al manual interno de la fábrica (Agua de enfriamiento del producto extruido).

Parámetro	Unidad	Especificación	Características
pH	Adimensional	6,3-6,7	Es el logaritmo negativo o el logaritmo recíproco de la actividad de un ion hidrógeno en una solución acuosa o de otro solvente especificado. Para el sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras el pH básico reduce las capacidades de adherencia de los semielaborados.
Turbidez	NTU	Max 30	Es una expresión de la propiedad óptica que causa la dispersión y absorción de la luz más que la transmisión en línea recta cuando pasa a través de la muestra. La turbidez en el agua es causada por el material suspendido.
Sólidos Disueltos Totales (STD)	mg/L	< 400	Es el término aplicado al material o residuo que permanece en el recipiente después de la evaporación de la muestra y su posterior secado en un horno a una

			temperatura definida.
Dureza Total	mg/L CaCO ₃	0-300	Es la característica del agua impartida principalmente por sales de calcio y magnesio, donde ambas están expresadas como carbonato de calcio.
Hierro	mg/L Fe	< 0,05	Forma corrosión en las tuberías de agua y deteriora el material de la misma.
Fosfatos	mg/L PO ₄	< 0,10	Promueve la proliferación de algas en el agua de enfriamiento.
Manganeso	mg/L Mn	< 0,02	Forma sales poco solubles que se depositan en la superficie de los semielaborados creando compuestos que son perjudiciales para la capacidad de adherencia.
Alcalinidad	mg/L CaCO ₃	< 50	
Magnesio	mg/L Mg	< 20	
Sulfatos	mg/L SO ₄	< 30	
Calcio	mg/L CaCO ₃	< 100	
Sílice	mg/L Si	0	
Conductividad	mS/cm	< 400	Es una medida de la capacidad para transportar una corriente eléctrica. ^[15] En el sistema de enfriamiento los iones transportados forman sales poco solubles que causan incrustaciones.

2.3 Control estadístico de proceso.

Un proceso industrial está sometido a una serie de factores de carácter aleatorio que hacen imposible fabricar dos productos exactamente iguales. Dicho de otra manera, las características del producto fabricado no son uniformes y presentan una variabilidad. Esta variabilidad es claramente indeseable y el objetivo ha de ser reducirla lo más posible o al menos mantenerla dentro de unos límites. El control estadístico de procesos es una herramienta útil para alcanzar este segundo objetivo. Dado que su aplicación es en el momento de la fabricación, puede decirse que esta herramienta contribuye a la mejora de la

calidad de la fabricación. Además, permite aumentar el conocimiento del proceso, lo cual en algunos casos puede dar lugar a la mejora del mismo. ^[15]

2.3.1 Gráficas de control

Una gráfica de control es un diagrama que sirve para examinar si un proceso se encuentra en una condición estable, o para asegurar que se mantenga en esa condición. ^[15]

En estadística, se dice que un proceso es estable (o está en control) cuando las únicas causas de variación presentes son las de tipo aleatorio. En esta condición se pueden hacer inferencias con respecto a la salida del proceso, esto es, la característica de calidad que se esté midiendo. En cambio, la presencia de causas especiales o asignables hace que el proceso se desestabilice, impidiendo la predicción de su comportamiento futuro. ^[15]

Con base en la información obtenida en intervalos determinados de tiempo, las gráficas de control definen un intervalo de confianza: Si un proceso es estadísticamente estable, el 99.73% de las veces el resultado se mantendrá dentro de ese intervalo. ^[15]

La estructura de las gráficas contiene una línea superior que marca el “límite superior de control” (LSC), y una línea inferior que marca el “límite inferior de control” (LIC), tal como se indica en la figura 18. Los puntos contienen información sobre las lecturas hechas; pueden ser promedios de grupos de lecturas, o sus rangos, o bien las lecturas individuales mismas. Los límites de control marcan el intervalo de confianza en el cual se espera que se encuentren los puntos. ^[15]



Fig. 18: Ejemplo de una gráfica de control. ^[15]

Las gráficas de control son comúnmente utilizadas para monitorear el control estadístico del proceso (SPC, por sus siglas en inglés). Esta última herramienta, así como el planteamiento avanzado de la calidad del producto (APQP), proceso de la aprobación de la pieza de producción (PPAP) y análisis de modo y efecto de fallas (AMEF) pertenecen al grupo de herramientas conocidas como Core Tools (herramientas de calidad) del sector automotriz, que es un requerimiento del ISO/TS 16949. ^[15]

2.3.2 Curvas de operación del gráfico de control

Las curvas de operación son útiles para evaluar a prioridad la sensibilidad del gráfico de control frente a desplazamiento del proceso o al cambio de su variabilidad. La indicación más clara de que el proceso está fuera de control es que alguno de los puntos esté fuera de los límites. Además el aspecto de los gráficos puede indicar anomalías en el proceso. En la tabla 2 se incluyen algunas reglas utilizadas frecuentemente para analizar el gráfico de medias y establecer si el proceso se encuentra fuera de control. En la columna de la derecha se indica la probabilidad de que se diera esta circunstancia en el caso de un

proceso normal, centrado (lo que daría lugar a una decisión errónea). En general, un procedimiento de control estadístico de proceso (SPC) debe explicitar qué indicaciones deben considerarse como síntoma de proceso fuera de control. ^[15]

Tabla 2: Reglas utilizadas para evaluar graficas de control. ^[15]

Regla	Descripción	Probabilidad
1	Un punto está fuera de los límites de control	0,27%
2	De tres puntos consecutivos, dos o más están en una de las zonas A (la misma).	0,15%
2'	Dos puntos consecutivos están en una de las zonas A (la misma).	0,05%
3	Racha de cinco puntos en la que cuatro están en la misma zona A o B.	0,27%
3'	Racha de cuatro puntos consecutivos que están en la misma zona A o B.	0,06%
4	Racha de siete puntos consecutivos por encima de la línea central.	0,78%
4'	Racha de seis puntos consecutivos por encima de la línea central.	1,56%
4''	Racha de ocho puntos consecutivos por encima de la línea central.	0,39%
5	Racha de seis puntos consecutivos se presentan de manera monótona creciente.	0,14%
6	De diez puntos consecutivos, existe una racha de 8 que se presentan de manera monótona creciente.	0,07%
6'	De nueve puntos consecutivos, existe una racha de 8 que se presentan de manera monótona creciente.	0,02%
6''	De nueve puntos consecutivos, existe una racha de 7 que se presentan de manera monótona creciente.	0,42%
7	Dados dos puntos consecutivos, el segundo está al menos cuatro desviaciones típicas por encima del primero (por ejemplo, el primero está en la zona A inferior y el segundo en la B ó A superior).	0,23%
8	Racha de quince puntos en la zona C	0,30%
9	Racha de catorce puntos alternativos ascendente descendente	?

Fuente: Control estadístico de proceso, Ruiz A. & Rojas F.

2.4 Diagramas causa-efecto.

Es una representación gráfica que muestra la relación cualitativa e hipotética de los diversos factores que pueden contribuir a un efecto o fenómeno determinado. Es denominado diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado por ser parecido con el esqueleto de un pescado. ^[16]

Se utiliza para clarificar las causas de un problema. El diagrama clasifica las diversas causas que se piensa que afectan los resultados del trabajo, señalando con flechas la relación causa- efecto entre ellas. ^[16]

2.4.1 Procedimientos para construir un diagrama causa- efecto.

Para empezar, se decide qué característica de calidad, salida o efecto se quiere examinar y continuar con los siguientes pasos:

1. Hacer un diagrama en blanco.
2. Escribir de forma concisa el problema o efecto.
3. Escribir las categorías que se consideren apropiadas al problema: máquina, mano de obra, materiales, métodos, son las más comunes y se aplican en muchos procesos.
4. Realizar una lluvia de ideas de posibles causas y relacionarlas con cada categoría.
5. Preguntarse ¿por qué? a cada causa, no más de dos o tres veces.
¿Por qué no se dispone de tiempo necesario?
¿Por qué no se dispone de tiempo para estudiar las características de cada producto?
6. Empezar por enfocar las variaciones en las causas seleccionadas como fácil de implementar y de alto impacto.

Para crear y organizar las espinas de un diagrama, tal como lo indica la figura 19, hay que considerar lo siguiente:

1. Todas las espinas deben ser causas posibles.
2. Todas las causas deben ser presentadas en las vías que indiquen cómo se relacionan con el problema.
3. La disposición de las espinas debe reflejar las relaciones entre las causas

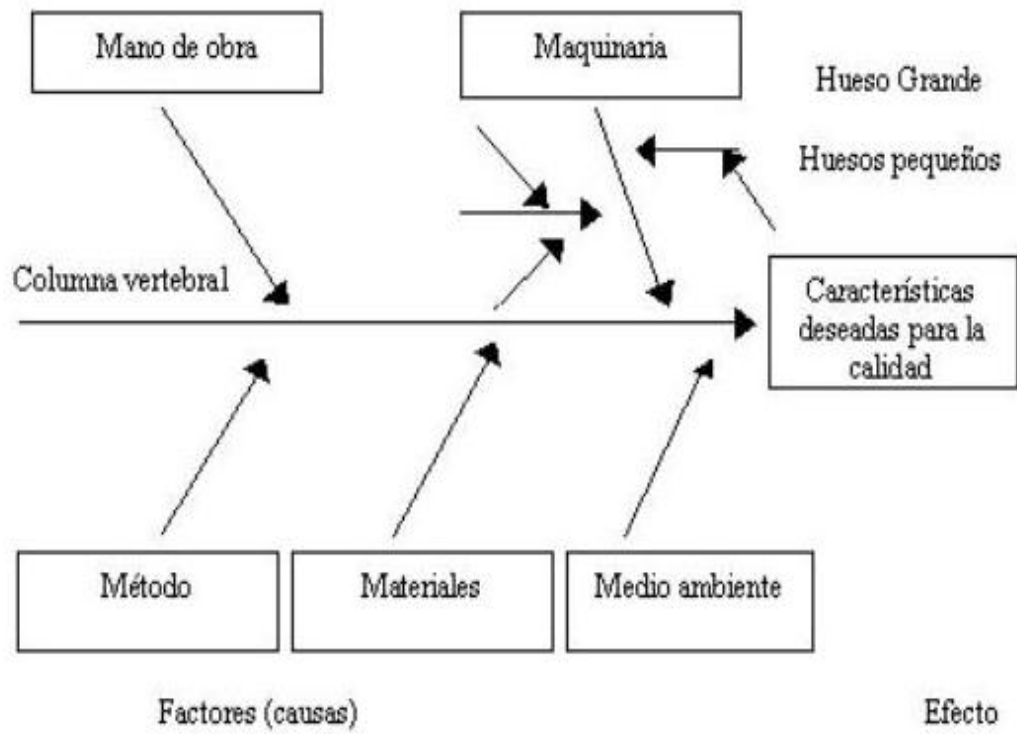


Fig. 19: Estructura del diagrama de causa-efecto. ^[16]

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se establecen las etapas, de manera cronológica, que se desarrollaron para lograr los objetivos propuestos.

3.1 Caracterización del agua empleada en el sistema de enfriamiento de las entubadoras en la elaboración de neumáticos.

La caracterización del agua empleada en el sistema de enfriamiento de las entubadoras comprende: (1) el análisis del funcionamiento de la unidad de desmineralización y (2) el muestreo y medición de las características fisicoquímicas del agua de enfriamiento de las entubadoras.

Primero, se estableció una fase de muestreo en diferentes puntos de la unidad de desmineralización durante tres días de operación, tal como se observa en la figura 20, para determinar la eficiencia de los equipos. Las muestras fueron tomadas en la entrada y salida de los filtros de arena y carbón activado, ambos filtros de marca Culligan, tienen tapas de espesor de 7mm y 6mm respectivamente. Además, se tomaron muestras en la tubería de entrada al equipo de osmosis inversa (caudal de alimentación), en los vasos de presión (naves, housing) 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7, en la tubería de rechazo y permeado.

Luego, se realizó el muestreo del agua del sistema de enfriamiento de las entubadora durante tres meses, en los días de operación. Las muestras fueron tomadas directamente del tanque frío que alimenta la entubadoras y en el tanque de retorno, (figura 20). A estas muestras se le efectuaron ensayos de pH, dureza total, dureza cálcica y magnésica, alcalinidad total, hierro, turbidez, sulfato, fosfato, manganeso, sólidos totales disueltos (STD) y conductividad eléctrica.

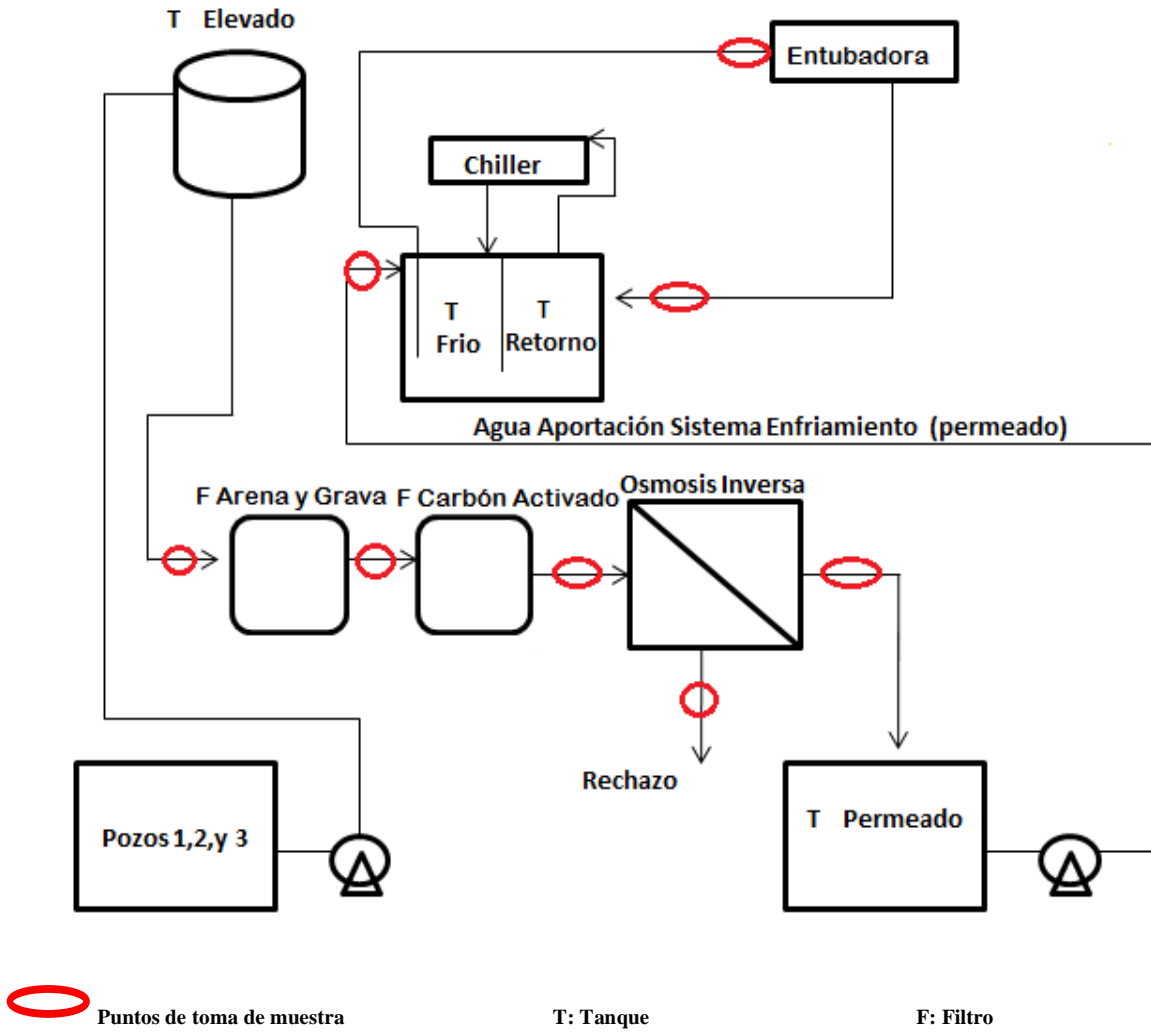


Fig. 20: Puntos de muestreo del sistema de agua de enfriamiento.

Para la captación de todas las muestras se emplearon los requisitos de preservación establecidos en la norma COVENIN 2709 (2002). La tabla 3 presenta los requisitos de preservación y tipos de envase para cada análisis.

Tabla 3: Requisitos de preservación y tipo de envase para los análisis del agua, de acuerdo a la norma COVENIN 2709 (2002). ^[17]

Análisis	Envase	Volumen Mínimo de Muestra (mL)	Tipo de Muestra	Preservación	Tiempo Máximo recomendado de almacenamiento según SME
Alcalinidad	P,V	200	I	Refrigerar	24 horas
Conductividad	P,V	500	I,C	Refrigerar	28 días
Dureza	P,V	100	I,C	HNO ₃ o H ₂ SO ₄ a pH < 2	6 meses
Fosfatos	V	100	I	Para fosfatos disueltos, filtrar inmediatamente, refrigerar	48 horas
pH	P,V	50	I	Analizar inmediatamente	0.25 horas
Sílice	PTFE o Cuarzo	200	I, C	Refrigerar	7 días
Sulfatos	P,V	100	I,C	Refrigerar	28 días
Sólidos totales disueltos (STD)	P,V	200	I,C	Refrigerar	7 días
Temperatura	P,V	-	I,C	Determinar en el sitio de muestreo	0.25 horas
Turbiedad	P,V	100	I,C	Analizar el mismo día	24 horas

PTFE: politetrafluoruro I: instantánea V: vidrio P: plástico C: compuesta SME: Standard Methods for the Examination

En cuanto a los análisis fisicoquímicos realizados a las muestras de agua captadas, estas son descritas a continuación:

1. Determinación de pH, se realizó utilizando un potenciómetro, provisto de electrodo de vidrio previamente calibrado con soluciones tampón de 4,7 y 10. ^[18]
2. Determinación de dureza total, dureza cálcica, dureza magnésica y alcalinidad total, se empleó métodos del laboratorio de la empresa. En las tablas 4, 5 y 6 se describen materiales y procedimientos utilizados para obtener los resultados.

Tabla 4: Equipos y procedimiento para la determinación de dureza total. ^[19]

Equipos de ensayo y reactivos	Procedimiento	Expresión de resultados
Fiola o Erlenmeyer de 250,00ml Cilindro graduado de 50,00ml Bureta Solución de EDTA 0.02N Buffer para dureza total Indicador NET (negro de ericromo T) para dureza Total	Tomar 50,00 ml de muestra con un cilindro agregarlo en una fiola de 250 ml Agregar 2,00 ml de Buffer Adicionar una pizca de indicador NET Titular con una solución de EDTA hasta cambio de color púrpura a azul. Anotar el volumen gastado de EDTA	Dureza Total $(\text{mg/L CaCO}_3): F \times V$ Donde: mg/L CaCO_3 : Dureza Total expresada en mg/L de carbonato de calcio F: factor (20,02) V: Volumen en ml de EDTA gastados en la titulación

Tabla 5: Equipos y procedimiento para determinar dureza cálcica. ^[19]

Equipos de ensayo y reactivos	Procedimiento	Expresión de resultados
Fiola o erlenmeyer de 250,00ml Cilindro graduado de 50,00ml Bureta Solución de EDTA 0.02N Buffer para dureza total Indicador murexida	Tomar 50,00 ml de muestra con un cilindro agregarlo en una fiola de 250 ml Adicionar 1 mL de solución de NaOH 8N, homogenizar y agragar solución indicadora (murexida). Titular con solución EDTA hasta el viraje al color azul celeste.	Dureza cálcica $(\text{mg/L}) = V \times F$ Donde: V: volumen de EDTA en mL gastado en la titulación F: factor (20,02)

La dureza magnésica expresada en mg/mL de CaCO₃, viene dada por la diferencia entre la dureza total y la dureza cálcica. ^[20]

Tabla 6: Equipos y procedimiento para determinar alcalinidad. ^[19]

Equipos de ensayo y Reactivos	Procedimiento	Expresión de Resultados
Fiola de 250 mL Bureta Pipeta volumétrica de 50 mL Anaranjado de metilo Agua destilada Ácido Sulfúrico 0,02 N	Tomar 50 mL de muestra y añadirlo en una fiola de 250 mL. Agregar tres gotas del indicador anaranjado de metilo. Titular con la solución de ácido sulfúrico 0,02N hasta el cambio de color de amarillo a rosado, anotar el volumen.	Alcalinidad (mg/mL CaCO ₃)= VxF Donde: V: volumen del ácido gastado en la titulación F: factor (20,02)

3. Determinación de hierro, turbidez, fosfato, sulfato, fosfato y manganeso, se empleó un fotolorímetro marca Hach modelo DR 890, tal como se observa en la figura 21. El equipo emplea celdas pírex y reactivos Hach, de acuerdo a cada determinación se deben seleccionar programas específicos del equipo, obteniéndose los resultados en mg/L y en unidades de NTU para turbidez. ^[20]

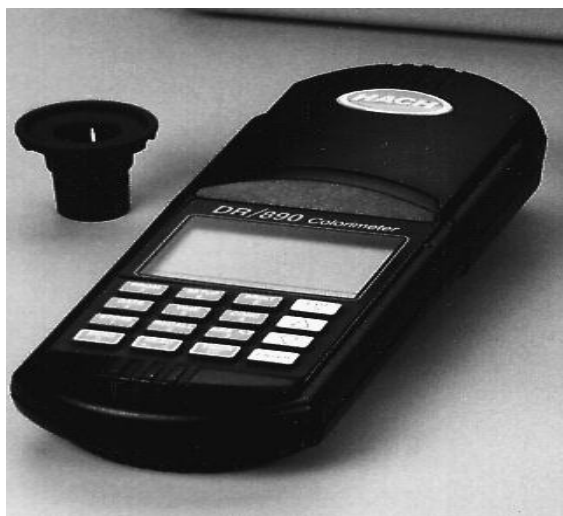


Fig. 21: Fotolorímetro modelo DR 890 marca HACH. ^[20]

4. Determinación de los sólidos totales disueltos (STD) y conductividad eléctrica, se empleó un conductímetro marca Trans Instruments modelo HC3010, el cual se muestra en la figura 22.

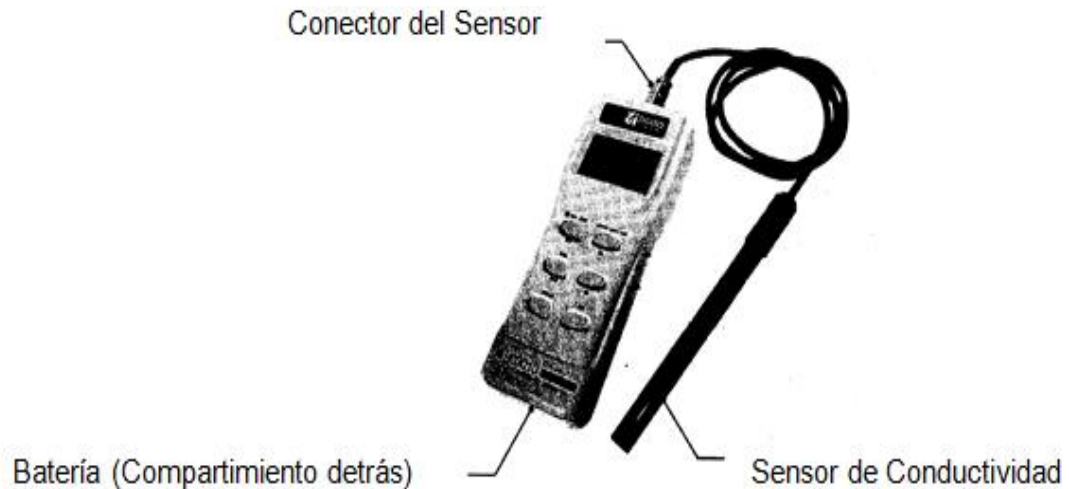


Fig. 22: Conductímetro modelo HC3010. ^[21]

3.2 Análisis del funcionamiento del sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras empleada en la elaboración de neumáticos.

Se determinó la eficiencia de los filtros de arena y de carbón activado mediante la medición de los sólidos totales disueltos (STD) en la entrada y salida de los filtros, empleando un conductímetro marca Trans Instruments modelo HC3010, obteniéndose los resultados reportados en ppm (partes por millón). La eficiencia de los filtros viene dada por la ecuación:

$$\text{Eficiencia} = \text{STD}_{\text{SALIDA}} / \text{STD}_{\text{ENTRADA}} * 100$$

Ec. (1)

Para la determinación de la eficiencia en el equipo de osmosis inversa se realizó el balance de masa en los primeros cuatros vasos de presión, a fin de obtener la conductividad

(CON) de rechazo final de las naves 1-4. Luego, se calcularon los porcentajes de remoción de sales empleando la ecuación:

$$\% \text{Remoción de sales}_{\text{housing}} = 100 - (\text{CON}_{\text{ENTRADA}} / \text{CON}_{\text{SALIDA}} * 100)$$

Ec. (2)

Los valores obtenidos en la caracterización fisicoquímica del agua de enfriamiento de las entubadora fueron comparadas con las requeridas por el proceso, tal como se especifican en la tabla 1. Además, se aplicó control estadístico de proceso a través de la construcción de las gráficas de control para cada uno de los parámetros analizado durante el tiempo de evaluación.

3.3 Identificación de alternativas de mejora para el control de calidad de agua del sistema de enfriamiento de las entubadoras empleada en la elaboración de neumáticos.

Para obtener las variables críticas se identificaron aquellos parámetros de los cuales depende el sistema de agua de enfriamiento mediante consultas con el personal de la planta y que por lo tanto, deben ser estrictamente controladas. Para ello, se elaboró un diagrama de Ishikawa o diagrama de espina de pescado (figura 19) para definir las variables que pueden contribuir a la mala calidad del agua de enfriamiento de las entubadoras.

Luego, se analizaron todas las posibles causas y se propuso acciones correctivas al personal de la planta para la adecuación de todas de todas las causas analizadas que generan la problemática.

3.4 Elaboración de un plan de mantenimiento para el sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras para la elaboración de neumáticos.

Se revisaron los manuales existentes de la empresa que se encuentran bajo la norma ISO TS 16949, a fin de diseñar el modelo estándar y proceder a la elaboración de un manual de métodos para el análisis de las variables críticas seleccionadas.

Se desarrolló un cronograma de actividades y se estableció un formulario para el registro de los análisis que se llevarán a cabo por parte del personal encargado en la planta para monitorear y evaluar parámetros críticos para la propuesta de mejoramiento de control de calidad de las aguas de enfriamiento.

CAPÍTULO IV

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se muestran los resultados obtenidos a partir de la metodología aplicada.

4.1 Determinación de la eficiencia de la unidad de desmineralización del sistema de enfriamiento de las entubadoras en la elaboración de neumáticos.

Para determinar la eficiencia de la unidad, fue necesario caracterizar el agua utilizada. Para ello, se realizó el análisis de los sólidos totales disueltos (STD) en los filtros de arena y carbón activado, y la medición de las conductividades en diferentes puntos del equipo de osmosis inversa. En la tabla 7 se muestra los valores de los sólidos totales disueltos promedio que se obtuvieron durante la caracterización de los filtros de arena y carbón activado. Como se observa, existe una diferencia entre los sólidos totales disueltos en la entrada y salida de 136 ppm y 92 ppm para el filtro de arena y carbón activado respectivamente, corroborando la remoción de sólidos en el agua y el funcionamiento de ambos filtros.

Tabla 7: Sólidos totales disueltos (STD) promedios obtenidos en los filtros de arena y carbón activado.

Filtro	STD entrada (STD± 5)ppm	STD salida (STD± 5)ppm
Arena	421	285
Carbón activado	285	193

Para el cálculo de las eficiencias de los filtros se utilizó la ecuación 1 y se emplearon los datos de la tabla 7, en el apéndice A se muestran los cálculos típicos. Las eficiencias fueron de 68,00% para cada filtro (carbón activado y arena). Los resultados de las eficiencias obtenidas no se lograron comparar con las teóricas ya que se desconoce la ubicación del manual técnico de los equipos. Sin embargo la operatividad y eficiencia de estos filtros depende de la cantidad de partículas retenidas, así, que a mayor volumen

retenido, mayor será el diferencial de presión, la bibliografía recomienda un intervalo de eficiencia entre 25 a 60%.^[22] Las eficiencias resultantes son mayores a las sugeridas, lo que indica una adecuada operatividad de los filtros.

Luego, se efectuó la medida de conductividad en la tubería de alimentación, permeado y rechazo del equipo de osmosis inversa, así como también en cada uno de los vasos de presión o naves. En la tabla 8, se presentan los resultados obtenidos, estos análisis se realizaron a una temperatura de 20°C para todas las muestras, dando como resultados las conductividades de todos los vasos de presión (1-7). Estas conductividades se encuentran entre un intervalo de (17-19) mS/cm lo que significa que todas las membranas están en funcionamiento y que el agua de permeado tiene una conductividad menor a la de alimentación.

Tabla 8: Conductividades promedio en el equipo de osmosis inversa.

Punto de muestreo	Conductividad (C±0,2) mS/cm
Tubería de alimentación	386,0
Tubería de rechazo	749,0
Tubería de permeado	31,6
Vaso de presión 1	12,2
Vaso de presión 2	18,5
Vaso de presión 3	18,4
Vaso de presión 4	16,1
Vaso de presión 5	17,4
Vaso de presión 6	17,5
Vaso de presión 7	17,0

El equipo de osmosis inversa con un caudal de alimentación teórico (de acuerdo manual interno de la fábrica) de 6m³/h, constituye un sistema de un paso y dos etapas, el diagrama de flujo puede ser observado en la figura 23 (todos los caudales mostrados son teóricos).

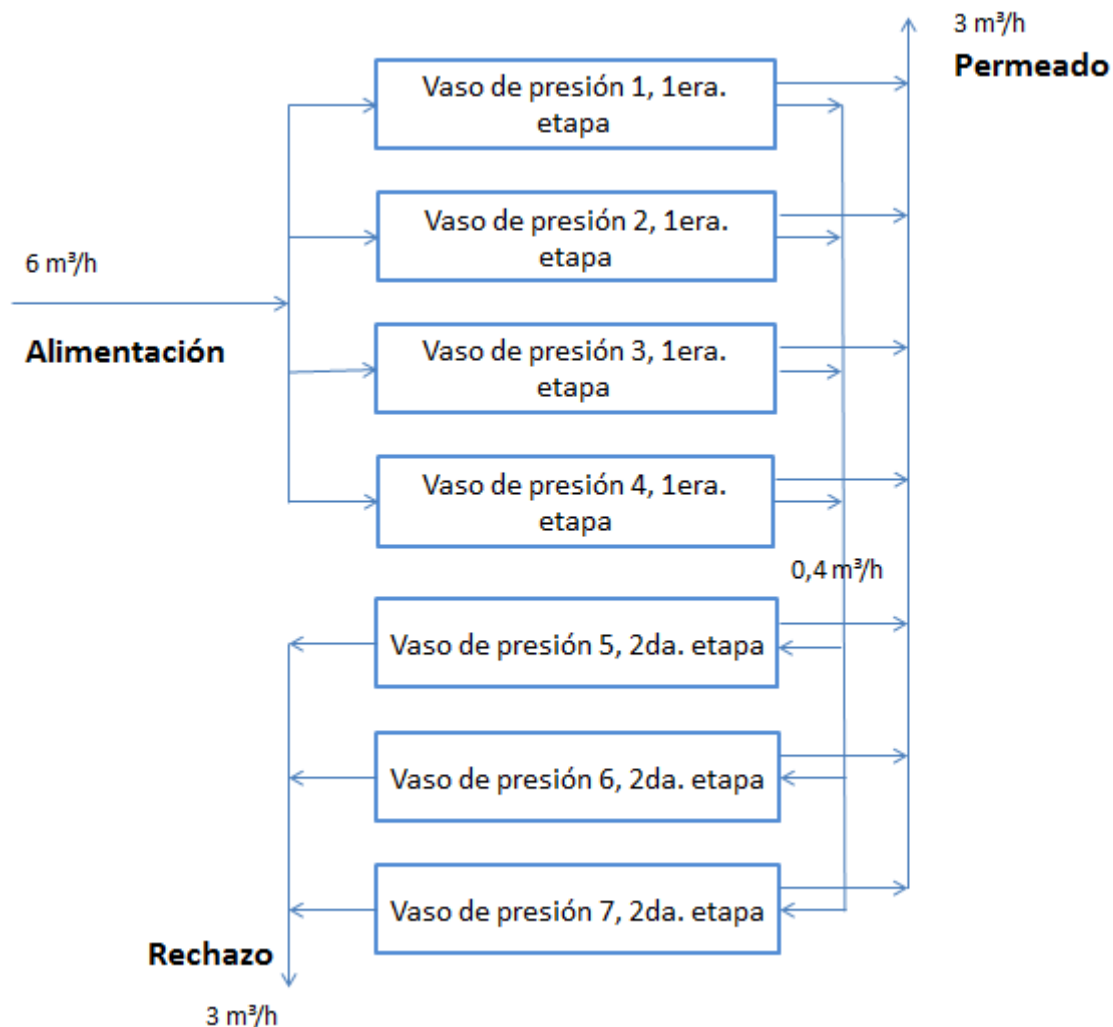


Fig. 23: Diagrama de bloque del equipo de osmosis inversa.

Al realizar el balance de masa, se determinó que el porcentaje de recuperación o relación de permeado es de 50,00%, tal indica como se indica en el diagrama de bloque del equipo (figura 23) el caudal de rechazo y permeado de $3 \text{ m}^3/\text{h}$. Adicionalmente se determinó las eficiencias de cada vaso de presión como se muestran en la tabla 9 (expresadas en porcentaje de remoción de sales), en el apéndice A se muestran los cálculos típicos. Además, el porcentaje promedio de remoción de sales en el equipo de osmosis inversa es de 97,50%. La bibliografía indica que las membranas normales deben tener una remoción de sales mayor a 99%. ^[22] Los resultados obtenidos muestran menor eficiencia a la recomendada, no obstante se observa que las membranas del equipo de osmosis inversa están en funcionamiento.

Tabla 9: Eficiencias en cada vaso de presión del equipo de osmosis inversa.

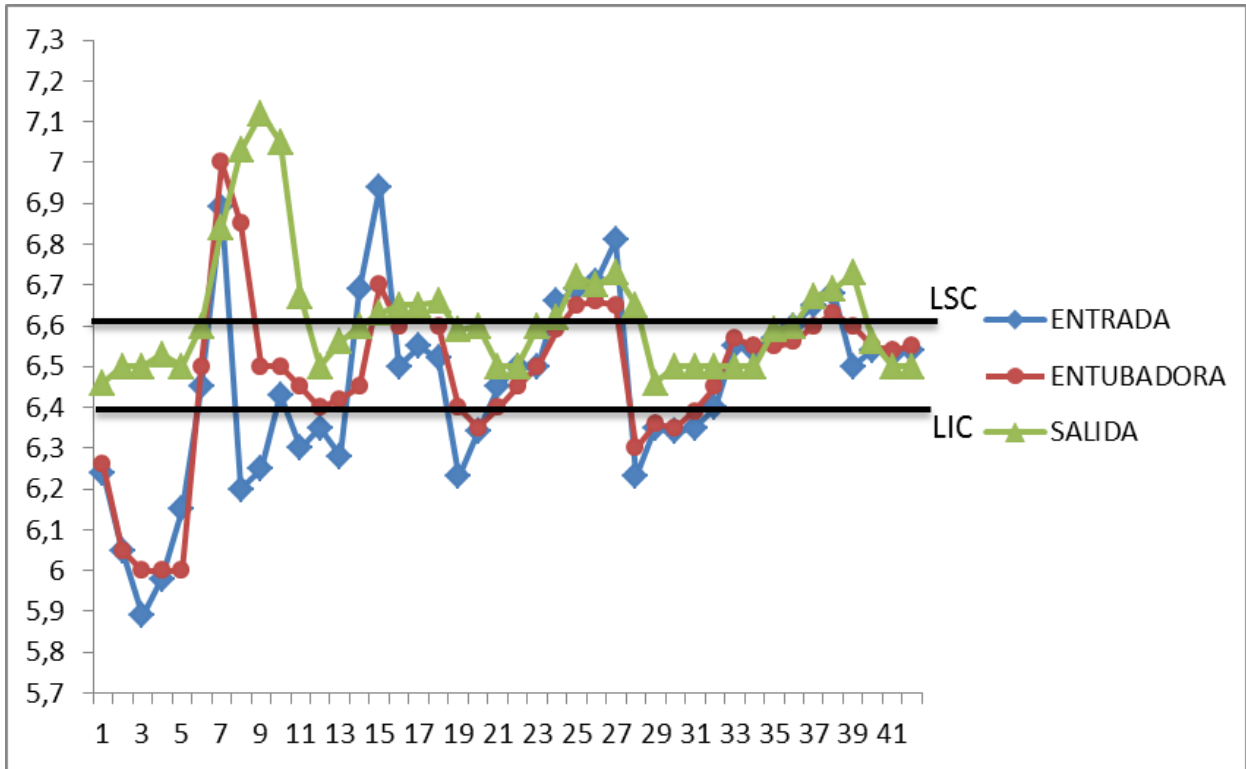
Numero de vaso de presión	%Remoción de sales (R±0,5)%
1	96,8
2	95,2
3	95,2
4	95,8
5	99,9
6	99,9
7	99,9
Promedio	97,5

4.2 Análisis de los parámetros fisicoquímicos del sistema de agua de enfriamiento empleada en las entubadoras en la elaboración de neumáticos.

Las características físico-químicas que se midieron en el agua de enfriamiento de las entubadoras fueron: pH, dureza total, dureza cálcica y magnésica, alcalinidad total, hierro, turbidez, sulfato, fosfato, manganeso, solidos totales disueltos (STD) y conductividad eléctrica. El apéndice C se muestra el formato empleado para registrar los resultados de todos los análisis que se realizaron en el sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras y así, determinar cuáles parámetros cumplen con las especificaciones requeridas en el proceso.

pH: la figura 24 muestra la gráfica de control para el pH. Se observan que existe una racha de puntos (puntos 1-6 de la entrada y salida) por debajo al límite inferior, y a pH bajos se incrementa la probabilidad de corrosión. También se visualiza que para los tres puntos consecutivos 7-10 y el punto 27 están fuera del límite superior todos los puntos de muestreo (entrada, entubadora y salida) y a pH altos aumenta el potencial incrustante de muchas sales. Estas sales pueden ocasionar incrustaciones en las tuberías de agua del sistema de enfriamiento, e interfieren con la transferencia de calor, así como forman una

capa en la superficie de los rodados y le restan adherencia a las bandas de rodamiento lo que afecta al momento del armado donde se unen todos los semielaborados mediante la pegajosidad.

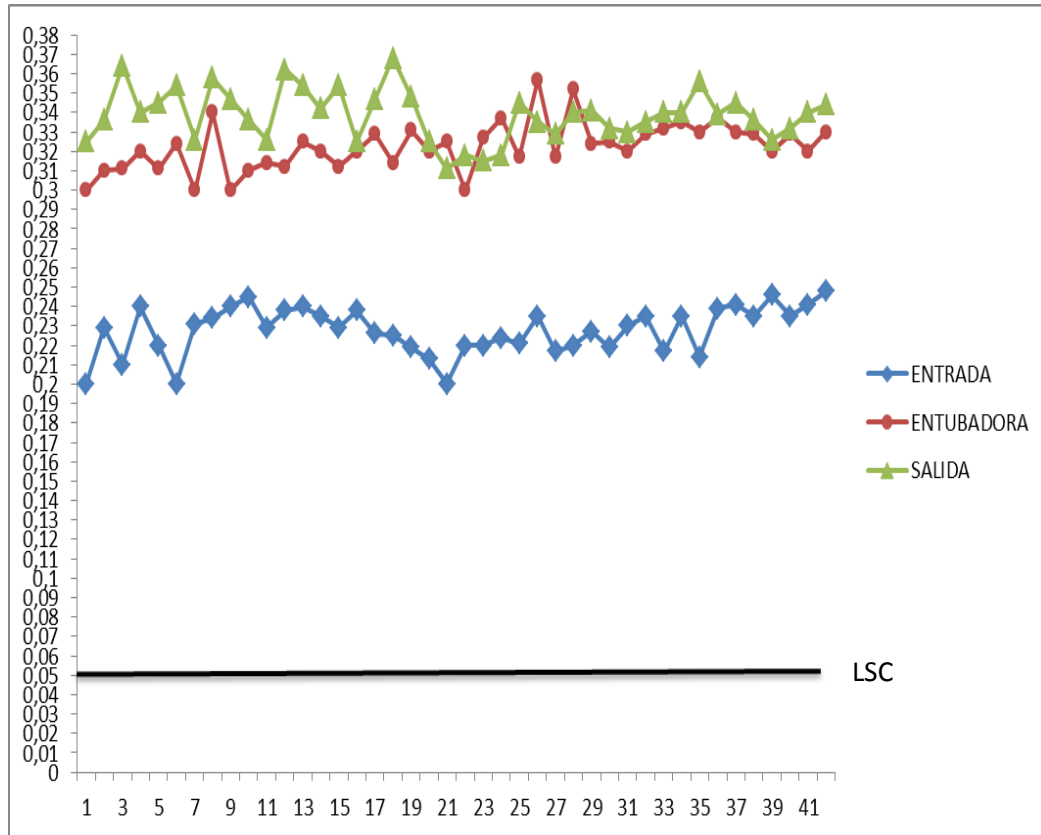


LSC: Límite Superior Central

LIC: Límite Inferior Central

Fig. 24: Gráfica de control para el pH

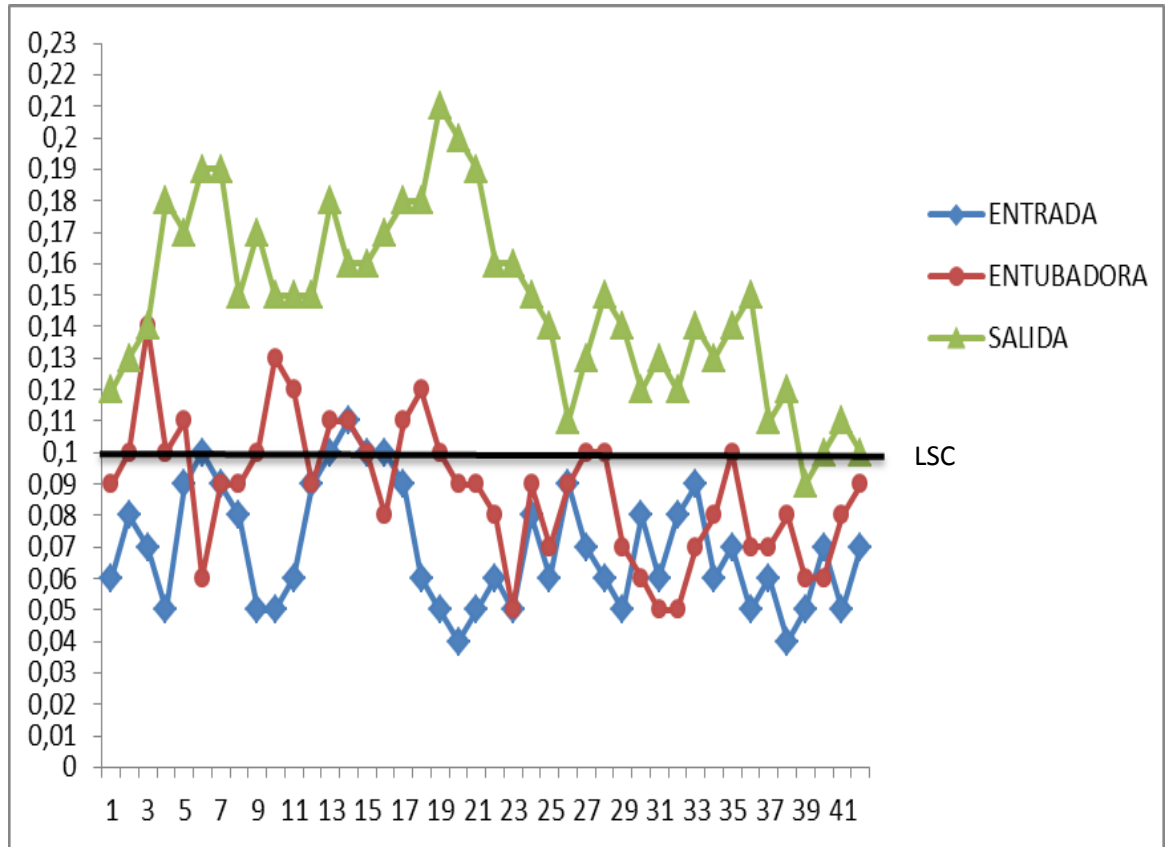
Hierro: La figura 25 corresponde a la gráfica de control para el hierro, se observa que las muestras de aguas tomadas se ubican por encima del límite superior esto indica que el parámetro está fuera de control. Los altos niveles de concentración de hierro en el sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras pueden generar corrosión. Y esta puede causar fallas prematuras en los metales. Los niveles de corrosión se expresan como pérdida de metal y los productos de la corrosión se depositan en el sistema y disminuyen tanto la transferencia de calor como el flujo de agua de enfriamiento.



LSC: Límite Superior Central

Fig. 25: Gráfica de control para el hierro

Fosfato: La evaluación para el fosfato en el sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras en la elaboración de neumáticos se observa en la figura 26. En la gráfica de control para el fosfato se visualiza que las muestras de agua tomadas en la salida se encuentran por encima del límite máximo indicando que el proceso se encuentra fuera de especificación. Las muestras tomadas en las entubadoras también tienen una racha de puntos fuera de especificación y la entrada con un punto (14) fuera del límite superior. Los altos niveles de fosfato en el sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras conllevan a contaminación microbiológica, que puede conducir a la formación de depósitos, los cuales contribuyen al ensuciamiento, corrosión y formación de incrustaciones. El limo microbiológico es una masa de organismos microscópicos y productos residuales que se forman sobre las tuberías y que interfieren con la transferencia eficiente de calor.



LSC: Límite Superior Central

Fig. 26: Gráfica de control para fosfatos.

Además, también se evaluó la dureza total, dureza cálcica y magnésica, alcalinidad total, turbidez, sulfato, manganeso, solidos totales disueltos (STD) y conductividad, cuyas graficas de control pueden observarse en el apéndice B. Todos estos parámetros mencionados cumplen con las especificaciones requeridas para el proceso.

Dureza: de acuerdo con la práctica común, se define la dureza total de un agua como la suma de las concentraciones de calcio y magnesio expresadas como carbonato de calcio en ppm. ^[18] El contenido de dureza en el agua de enfriamiento de las entubadoras en la elaboración de neumáticos no sobrepasa el límite máximo tal como se observa en el apéndice B la figura B.1 y de acuerdo a la escala de dureza se considera una dureza total en el sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras de tipo suave. Por lo que la presencia de calcio y magnesio en el sistema de agua de enfriamiento se encuentran por debajo del límite superior permisible como se observan en las figuras B.2 y B.3 (Apéndice B), lo que es de esperarse ya que la dureza total no excede el límite superior.

Alcalinidad: en las aguas está relacionada con la presencia de bicarbonato, carbonato e hidróxido, siendo el bicarbonato la mayor forma encontrada. Para el sistema de agua de enfriamiento la alcalinidad es bicarbonática ya que en el análisis de las aguas la alcalinidad a la fenolftaleína resulto cero. En la figura B.4 (Apéndice B) se muestra la gráfica de control y se observó que todas las muestras están dentro de las especificaciones y presentan un comportamiento adecuado que indica que el proceso está bajo control. El aumento de la alcalinidad genera la precipitación de sales inorgánicas de bicarbonato e insolubles, que forman incrustaciones en las tuberías de agua del sistema de enfriamiento.

Turbidez: es producida por materia de carácter mineral u orgánico en suspensión en el agua. ^[18] En la figura B.5 (Apéndice B) se aprecia la gráfica de control en la que la turbidez cumple con las especificaciones requeridas para el proceso y en las curvas de operación todos los puntos están dentro de los límites. Los altos niveles de turbidez en el agua del sistema de enfriamiento conllevan al ensuciamiento, y esta se caracteriza por la acumulación de materiales sólidos, diferentes de las incrustaciones, que se producen debido al depósito de partículas que se fijan en algún punto del sistema, donde la velocidad del agua de enfriamiento disminuye a un nivel tan bajo, que no es capaz de arrastrar el material en el flujo. Estos depósitos impiden la operación del equipo de planta o contribuyen a su deterioro.

Sulfato y Manganeseo: En las figuras B.6 y B.7 del apéndice B se observan las gráficas de control para la evaluación del contenido de sulfato y manganeso donde se observa que todos los puntos de las gráficas se encuentran dentro de los límites permitidos.

Sólidos totales disueltos y Conductividad: La evaluación de los sólidos totales disueltos (STD) y la conductividad en el sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras en la elaboración de neumáticos, se observan en las figura B.8 y B.9 (Apéndice B) respectivamente, ambos parámetros se encuentran dentro de las especificaciones requeridas para el proceso y las gráficas de control no presentan indicaciones de anomalías.

Del análisis realizado por medio de las gráficas de control, se observó que el pH, el hierro y el fosfato en el agua de enfriamiento no se mantienen dentro del rango recomendado, existen rachas de puntos que se encuentran muy cerca del límite superior e incluso lo superan. A pH altos aumenta el potencial incrustante de muchas sales como el carbonato de calcio, lo que conllevan a incrustaciones en las tuberías de agua. En lo relativo al hierro, sus gráficas muestran los valores elevados lo que contribuyen al ensuciamiento, la corrosión y la formación de incrustaciones. En el caso del fosfato se muestra que el desarrollo biológico puede estar en el tanque de salida y en el tren de enfriamiento ya que el agua que se encuentra previo (entrada) a las entubadoras este dentro de los valores permitidos. Estos tres parámetros han sobrepasados los límites establecidos, y afecta la calidad del agua de enfriamiento de los semielaborados en la entubadoras ya que al estar en contacto se producen capas de sales o limo biológico en la superficies de los semielaborados y le restan pegajosidad, lo que al momento del armado afecta la calidad del producto final. Además, afecta el proceso de vulcanización porque las capas de contaminantes que se forman en las superficies, impiden que a lo largo de la cadena del caucho se formen los sitios de cura (formación de cadenas de azufre) para realizar el proceso de vulcanización, ocasionando el desprendimiento de las partes estando el neumático en servicio.

4.3 Propuesta de mejora para el control de calidad del agua del sistema de enfriamiento de las entubadoras empleada en la elaboración de neumáticos.

En la figura 27 se observa el diagrama de Ishikawa o espina de pescado del agua de enfriamiento de las entubadoras, en el diagrama causal se muestra la representación gráfica de las relaciones múltiples de causa - efecto entre las diversas variables que intervienen en la calidad del agua de enfriamiento de las entubadoras.

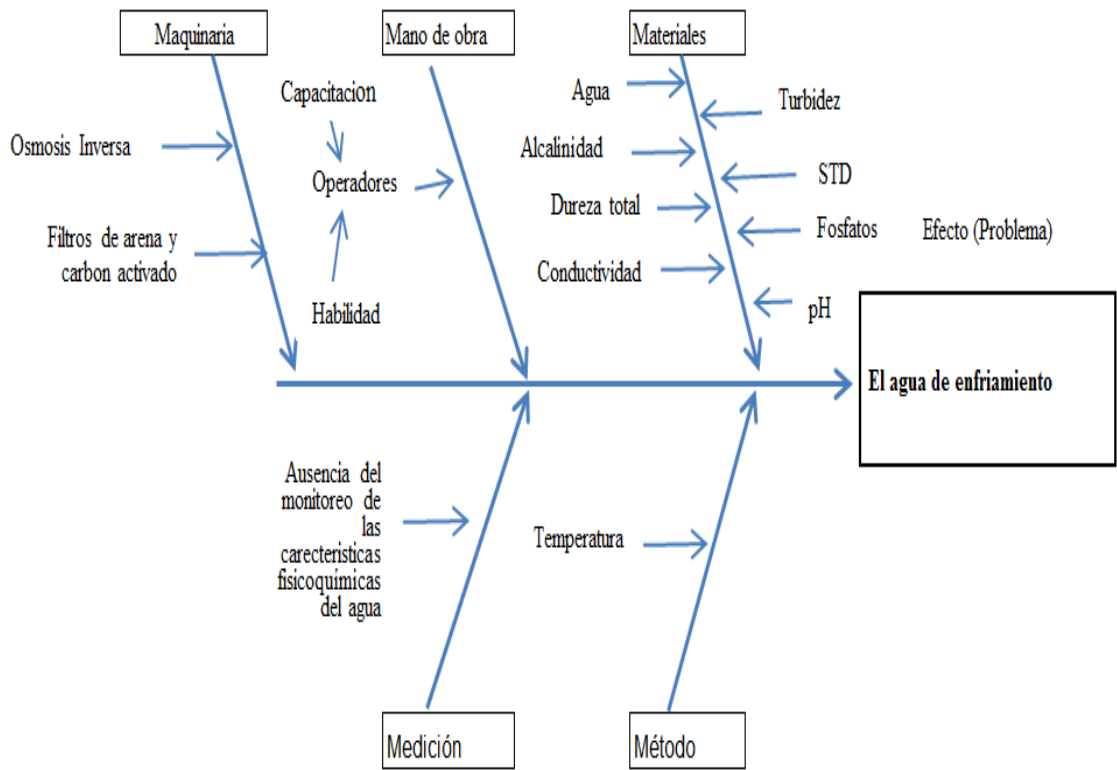


Fig. 27: Diagrama causa- efecto para el agua de enfriamiento de las entubadoras

En la tabla 10 se analizan las causas que se generaron posterior a la construcción de diagrama de Ishikawa (figura 21). Estas posibles causas- raíz son las que conllevan a que el sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras no cuente con un control adecuado que garantice la calidad de los semielaborados, y ocasionando problemas al neumático al momento de armado e incluso estando en servicio.

Tabla 10: Análisis del diagrama de causa-efecto para el agua de enfriamiento de las entubadoras.

No.	Causa	Porque?	Porque?	Porque?	Porque?	Acción Correctiva
1	Mantenimiento del sistema de agua de enfriamiento	No existe frecuencia definida para el mantenimiento del agua	No está definido la frecuencia	No existe plan de mantenimiento de agua		Definir plan de mantenimiento del agua
2	Ausencia del monitoreo de las características fisicoquímicas del agua	No se realiza los análisis correspondiente	No se conocen Las características fisicoquímicas del agua a controlar	Las características fisicoquímicas del agua a controlar no esta definidas		Definir las características críticas a controlar
			Ausencia de métodos de análisis	No estan creados		Crear un manual de métodos de análisis
3	Operadores	No conocen los procedimientos para conservar la calidad del agua de enfriamiento	No estar capacitados	No tienen el entrenamiento necesaria	No existe plan de control de calidad para el agua de enfriamiento	Capacitar al personal encargado acerca de tratamiento correcto del sistema de agua de enfriamiento
4	Funcionamiento de los equipos de desmineralización	No se chequea el funcionamiento de los filtros y de la osmosis inversa	No se tienen los manuales técnico	Se desconoce la ubicación dentro de la fabrica		Definir eficiencias los equipos de desmineralización

En la tabla anterior se generan alternativas de mejora para el control de calidad del agua de enfriamiento. Y de acuerdo a las gráficas de control mostradas en la sección 4.2 se evidenció que el pH, hierro y fosfato están por encima de los valores recomendados en la

bibliografía. Sin embargo existen otros parámetros que son de importancia para el sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras, estos son:

- Dureza total: los niveles de dureza están usualmente asociados con la tendencia del agua de enfriamiento a formar o no incrustaciones.
- Conductividad: la conductividad indica la cantidad de minerales y gases disueltos en el agua de enfriamiento.
- Alcalinidad: debajo de los rangos recomendados incrementa la probabilidad de corrosión; por encima de lo recomendado incrementa la probabilidad de formación de incrustaciones en las tuberías del sistema de enfriamiento.
- Turbidez: los altos valores de turbidez son indicativos de presencia biológica en el sistema de agua de enfriamiento.
- Sólidos totales disueltos (STD): altas concentraciones de sólidos totales disueltos la conductividad es más alta y la probabilidad de corrosión es mayor es por ello que debe monitorearse constantemente en el sistema de enfriamiento.

Además se recomienda poner en marcha un pre-tratamiento para mejorar las características físico-químicas de agua de enfriamiento de las entubadoras y así controlar aquellos parámetros que se encuentran fuera de la especificación.

En primer lugar se debe poner en marcha una limpieza del sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras, sacando toda el agua que se encuentra recirculada y reponiéndola con agua recientemente desmineralizada. Con el fin de evitar el crecimiento de contaminantes microbiológicos en el sistema se propone la aplicación de un biocida no oxidante que tiene como principio activo una mezcla de isotiazolinas. Es recomendado para sistema de agua de enfriamiento ya que es de amplio espectro para el control del crecimiento de bacterias, algas y hongos causantes de contaminación en el sistema. Para el control de corrosión en el sistema cerrado se propone la aplicación del producto inhibidor de corrosión el cual es una mezcla de fósforo orgánico e inorgánico y polímeros, para proteger todos los metales encontrados en los sistemas de recirculación cerrados, estos forman un recubrimiento protector sobre superficies metálicas, este inhibidor es de los más

recomendados para los sistemas de enfriamiento y además este no puede acarrear consecuencias secundarias que afecten a los semielaborados.

Los parámetros críticos seleccionados que se encuentran en la tabla 11, deben ser controlados periódicamente por parte del personal encargado de la planta ya que el agua de enfriamiento por estar sometida a cambios de temperatura, por su composición físico-química y sus índices de contaminación, estos parámetros pueden ocasionar que frecuentemente dentro de amplios límites. Para el monitoreo de las variables críticas de control fue necesario elaborar un manual de métodos de análisis químicos (apéndice E) para el agua de enfriamiento de las entubadoras en la elaboración de neumáticos siguiendo los requerimientos de la norma ISO TS 16949.

Tabla 11: Parámetros críticos de control para la calidad del agua de enfriamiento de las entubadoras.

Parámetro	Especificación
Dureza Total	(0 – 300) ppmCaCO ₃
Conductividad	(0 – 400) mS/cm
Turbidez	(0 – 30) NTU
pH	(6,3 - 6,7)
Sólidos Totales Disueltos	(0 – 400)ppm
Hierro	(0 - 0,05)ppm
Alcalinidad Total	(0 – 50) ppmCaCO ₃
Fosfatos	(0 – 0,1)ppm

Además, como procedimiento preventivo de conservación de la calidad del agua de enfriamiento de las entubadoras en la elaboración de neumáticos se elaboró un cronograma de actividades que se muestra en la tabla 12 para control analítico de los parámetros críticos del agua de enfriamiento. La frecuencia de los análisis se establecen de acuerdo a los parámetros fuera de control (pH, hierro y fosfato) que deben ser analizados con mayor frecuencia, así como también la dureza total y los sólidos totales disueltos ya que son parámetros que son indicativos si existen anomalías dentro del sistema de agua de enfriamiento. Los registros de los parámetros de control posterior al análisis por parte del personal responsable deben reportarse en una hoja de chequeo que se encuentra en el apéndice D.

El personal de supervisión y operadores de planta deben conocer la importancia del tratamiento correcto del sistema de agua de enfriamiento y tener la habilidad para monitorear y controlar día a día las variables críticas del agua de enfriamiento.

Tabla 12: Cronograma de análisis del agua de enfriamiento de las entubadoras

Parámetro	Tolerancia	Frecuencia	Responsables
Dureza Total	(0 – 300) ppmCaCO ₃	Dos veces por semana	Lab. FQ/ Casa de Fuerza
Conductividad	(0 – 400) mS/cm	Semanal	Lab. FQ/ Casa de Fuerza
Turbidez	(0 – 30) NTU	Semanal	Lab. FQ/ Casa de Fuerza
pH	(6,3 - 6,7)	Dos veces por semana	Lab. FQ/ Casa de Fuerza
Sólidos Totales Disueltos	(0 – 400)ppm	Dos veces por semana	Lab. FQ/ Casa de Fuerza
Hierro	(0 - 0,05)ppm	Dos veces por semana	Lab. FQ/ Casa de Fuerza
Alcalinidad Total	(0 – 50) ppmCaCO ₃	Semanal	Lab. FQ/ Casa de Fuerza
Fosfatos	(0 – 0,1)ppm	Dos veces por semana	Lab. FQ/ Casa de Fuerza

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Las eficiencias para los equipos de la unidad de desmineralización del agua de enfriamiento de las entubadoras en la elaboración de neumáticos, son 68,00% para los filtros de arena y carbón activado y un 97,50% para los vasos de presión de las osmosis inversa.

Los parámetros fisicoquímicos que se encuentran fuera de especificación son: pH, hierro y fosfato ya que sus gráficas de control muestran puntos que se encuentran por encima o debajo de sus límites de control.

Se debe poner en marcha un pre-tratamiento que incluye limpieza del sistema de agua, aplicación de biocidas a base de isotiazolinas e inhibidores de corrosión a base de una mezcla de fosforo orgánico e inorgánico..

Se estableció el cronograma para el análisis semanal de los parámetros críticos, entre los que se encuentran: dureza total, conductividad, turbidez, pH, solidos totales disueltos (STD), hierro, alcalinidad total y fosfatos, como procedimiento preventivo de conservación de la calidad del agua.

El monitoreo y las pruebas de control deben ser llevadas a cabo consistentemente y se debe tomar la acción correctiva sí se encuentran parámetros fuera de rango.

Entrenar acerca del tratamiento correcto del sistema de agua de enfriamiento a todo el personal a cargo del sistema de agua de enfriamiento de las entubadoras a fin de conseguir un programa de tratamiento exitoso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1]Zanichelli C. (2004). Extruded Product Cooling Water Italia, Pirelli Pneumatici.
- [2]Vargas J., Linares J. (2000), “Mejoramiento del sistema de producción de bandas de rodamiento en la extrusora de 10” × 10” de la C.A GOODYEAR de Venezuela”, Trabajo Especial de Grado, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Química, Universidad de Carabobo.
- [3]Pérez, E. (2004). “Evaluación y mejoramiento del tratamiento químico del sistema de enfriamiento de una industria metalúrgica”. Caso: ALUCASA.Trabajo Especial de Grado, Facultad Experimental de Ciencias y Tecnología, Escuela de Química, Universidad de Carabobo.
- [4]Djukich, M. & Sandoval. (2010). Propuesta para el mejoramiento del sistema cerrado de agua de enfriamiento utilizada en las máquinas de inyección y soplado de plástico de la empresa MAGGIE PAUL C.A.Trabajo Especial de Grado, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Química, Universidad de Carabobo.
- [5]Struktol. (2006). Manual del Caucho. Editado en Brasil.
- [6]Cavoto P. (2012). Tecnología de Proceso. Brasil, PirelliPneusCampinas.
- [7]Patiño G. (2012). Taller de Tecnología Química y Física en el proceso de fabricación de neumáticos.
- [8]Pirelli. Conceptos Técnicos del Neumático. Disponible en: www.302tr.sa.group.pirelli.com/Paginas/Aplicativos.aspx. (Fecha de acceso Mayo, 2013)
- [9]GoodYear de Venezuela. Haciendo un Neumático. Disponible en: www.goodyear.com.ve/tire_know/making_a_tire/. (Fecha de acceso Mayo, 2013)
- [10] Vargas, S. & Marbelis, D. (2004).Evaluación de formulación de EPDM con cargas orgánicas e inorgánicas.Trabajo Especial de Grado, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería de Química, Universidad Central de Venezuela.

- [11]Lenntech. Sistemas de filtración y remoción de partículas sólidas de agua. Disponible en: www.lenntech.es/systems/deep/deep/deep-filters.htm. (Fecha de acceso Mayo, 2013)
- [12]Excel Walter. Filtración por carbón activado. Disponible en: www.excelwater.com/esp/b2c/water_tech_10.php. (Fecha de acceso Mayo, 2013)
- [13]Lenntech. Ósmosis Inversa. Disponible en: www.lenntech.es/biblioteca/osmosis-inversa/que-es-osmosis-inversa.htm. (Fecha de acceso Mayo, 2013)
- [14]QuimiNet.com . Chillers. Disponible en: www.quiminet.com/articulos/que-es-un-chiller-17260.htm. (Fecha de acceso Mayo, 2013)
- [15] Ruiz, A & Rojas, F. Control Estadístico de Proceso. Disponible en: ww.web.cortland.edu/matresearch/controlprocesos.pdf. (Fecha de acceso Julio, 2014)
- [16]FUNDIBEQ. Diagrama Causa-Efecto. Disponible en: www.fundibeq.org/opencms/export/sites/default/PWF/downloads/gallery/methodology/tools/diagrama_causa_efecto.pdf. (Fecha de acceso Julio, 2014)
- [17]Norma COVENIN 2709 (2002). “Aguas naturales, industriales y residuales. Técnicas de Muestreo. Venezuela
- [18] Pirelli de Venezuela. (2007). Manual de análisis de laboratorio químico. Método 6. Guacara, Venezuela.
- [19] Carrillo Gregorio & Marciales Lydia (). Análisis de agua y líquidos residuales, Ensayos de laboratorio. Editado en la Facultad de Ingeniería, Universidad Central de Venezuela.
- [20] HACH. (2009) . Datalogging Colorimeter Handbook, DR/890. Editado en U.S.A
- [21] Trans Instruments. (2012). Manual del Conductimétrico HC3010. Editado en EE.UU
- [22] McCabe, W. (2002). Operaciones Unitarias en Ingeniería Química. Editado en México.

APÉNDICE A

Cálculos Típicos

A.1 Calculo de eficiencias para los filtros de arena y carbón activado

Filtro de arena

$$\text{Eficiencia} = \text{STD}_{\text{SALIDA}} / \text{STD}_{\text{ENTRADA}} * 100$$

$$\text{Eficiencia} = (285/421) * 100 = 67,70$$

$$\Delta \text{ Eficiencia} = 67,7 * \left((5/285)^2 + (5/421)^2 \right)^{1/2}$$

$$\Delta \text{ Eficiencia} = 1,00$$

$$\text{Eficiencia} = (68 \pm 1) \%$$

Filtro de carbón activado

$$\text{Eficiencia} = (193/285) * 100 = 67,72$$

$$\Delta \text{ Eficiencia} = 67,7 * \left((5/285)^2 + (5/193)^2 \right)^{1/2}$$

$$\Delta \text{ Eficiencia} = 1,20$$

$$\text{Eficiencia} = (68 \pm 1) \%$$

A.2 Calculo de eficiencias para el equipo de osmosis inversa

Primera nave del equipo de osmosis inversa

$$\% \text{ Remoción de sales}_{\text{housing}} = 100 - (\text{CON}_{\text{ENTRADA}} / \text{CON}_{\text{SALIDA}} * 100)$$

$$\% \text{ Remoción de sales}_{\text{housing1}} = 100 - (12,2/386 * 100) = 96,84$$

$$\Delta \% \text{ Remoción de sales}_{\text{housing1}} = 96,84 * \left((0,2/12,2)^2 + (0,2/386)^2 \right)^{1/2}$$

$$\Delta \% \text{ Remoción de sales}_{\text{housing1}} = 0,50$$

Así se calcularon % remoción de sólidos para las naves 2-7

$$\% \text{ Remoción de sales promedio} = \frac{\sum \% \text{ Remoción de sales}_{\text{housing } n}}{n}$$

$$\% \text{ Remoción de sales promedio} = \frac{96,84 + 95,21 + 95,20 + 95,80 + 99,99 + 99,99 + 99,99}{7} = 97,5$$

APÉNDICE B

Gráficas de control de los parámetros dentro de especificación

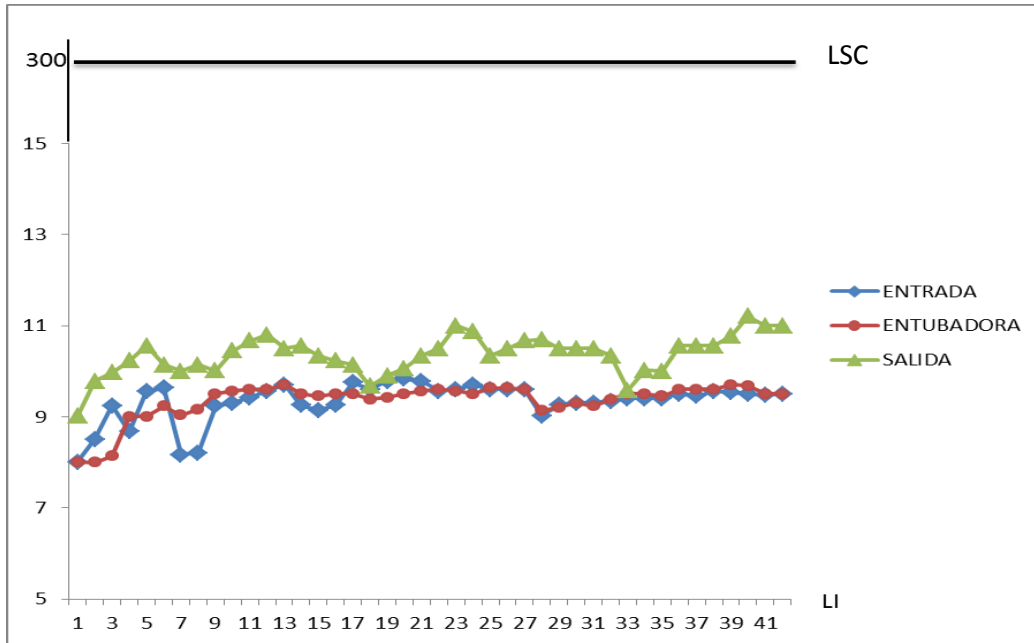


Fig. B.1: Gráfica de control para la dureza total

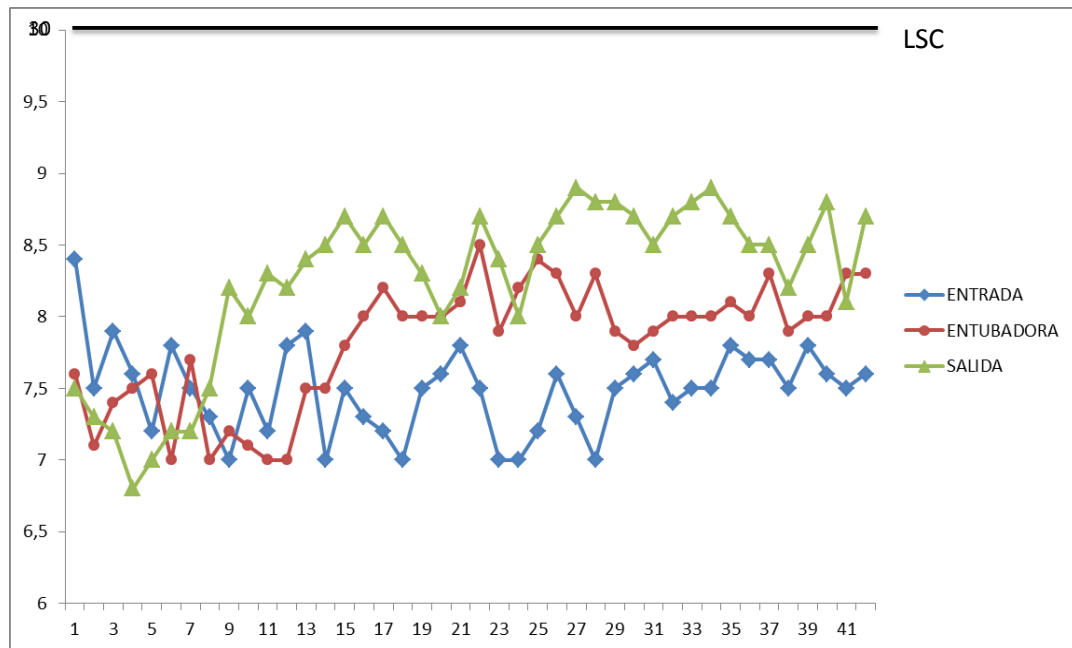


Fig. B.2: Gráfica de control para la dureza cálcica

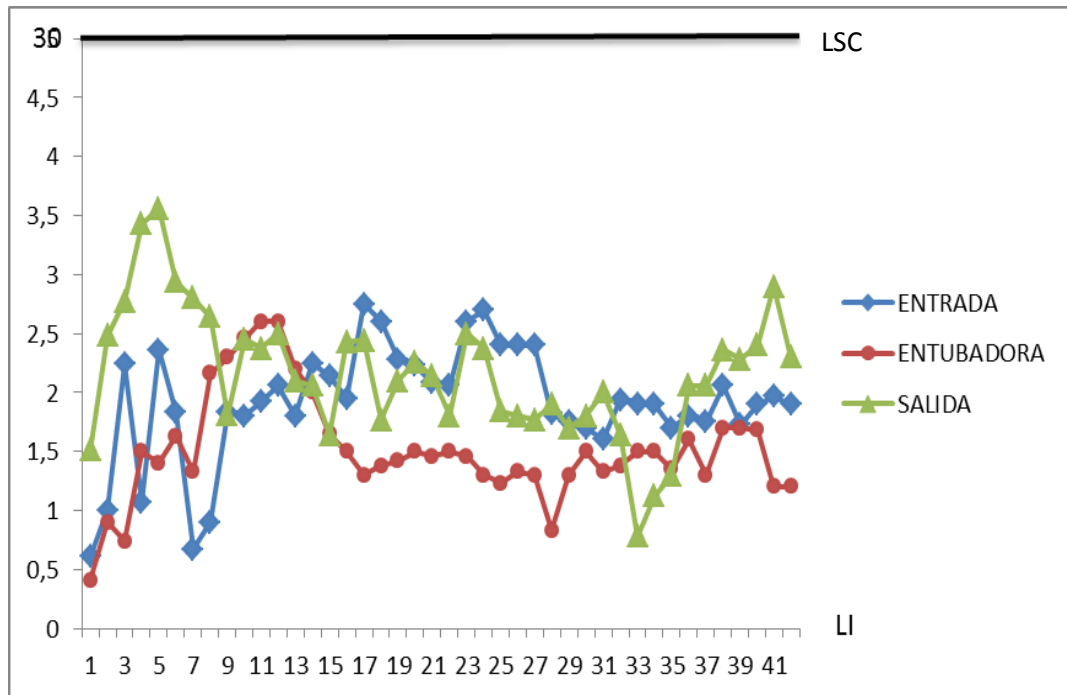


Fig. B.3: Gráfica de control para la dureza magnésica

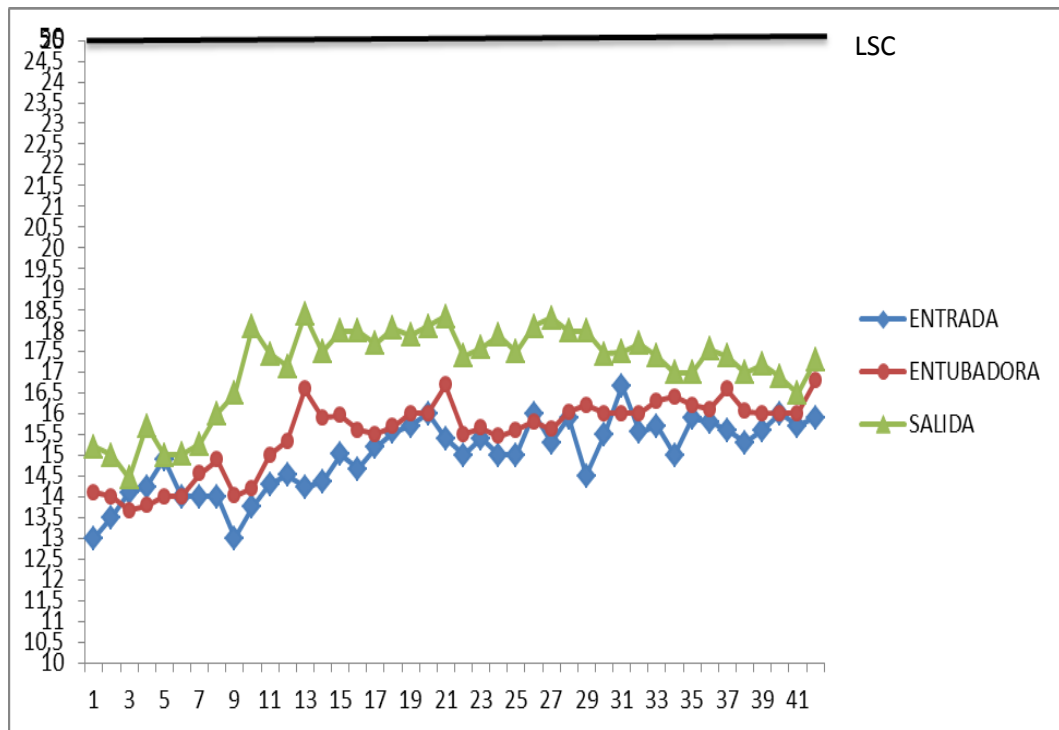


Fig. B.4: Gráfica de control para la alcalinidad

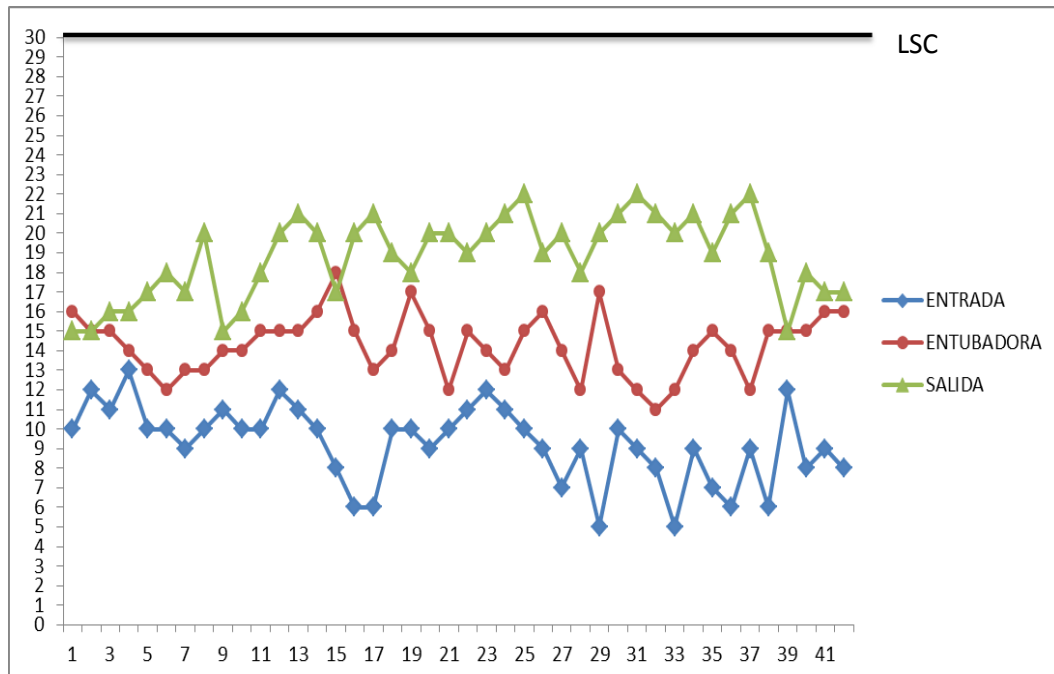


Fig. B.5: Gráfica de control para la turbidez.

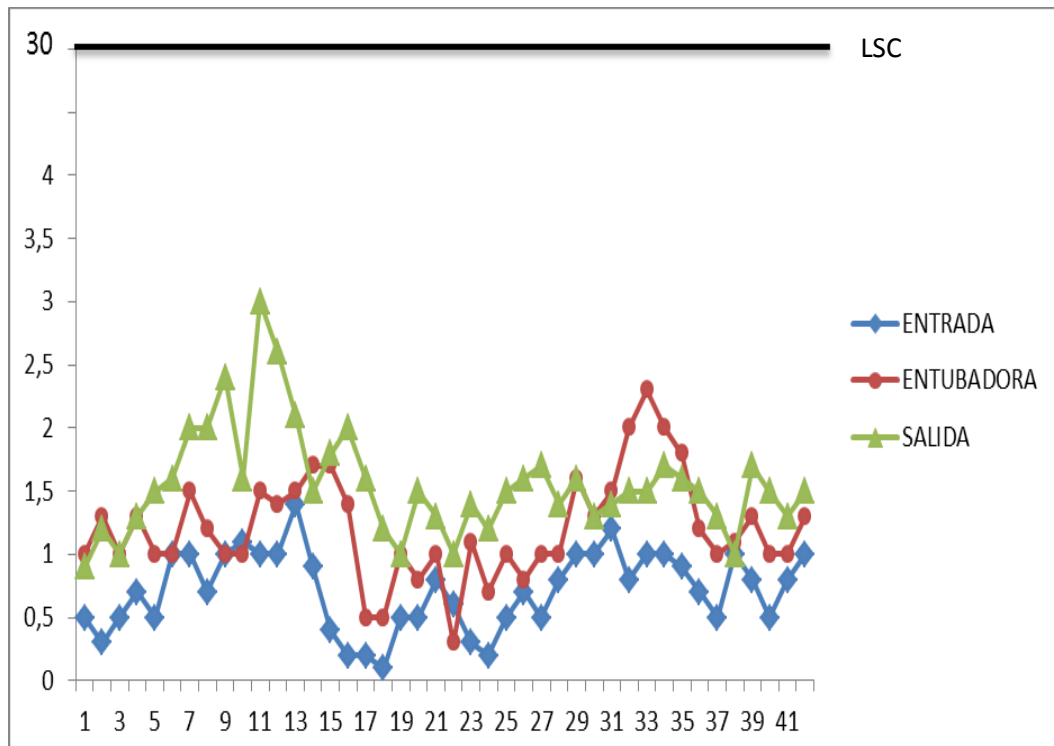


Fig. B.6: Gráfica de control para el sulfato.

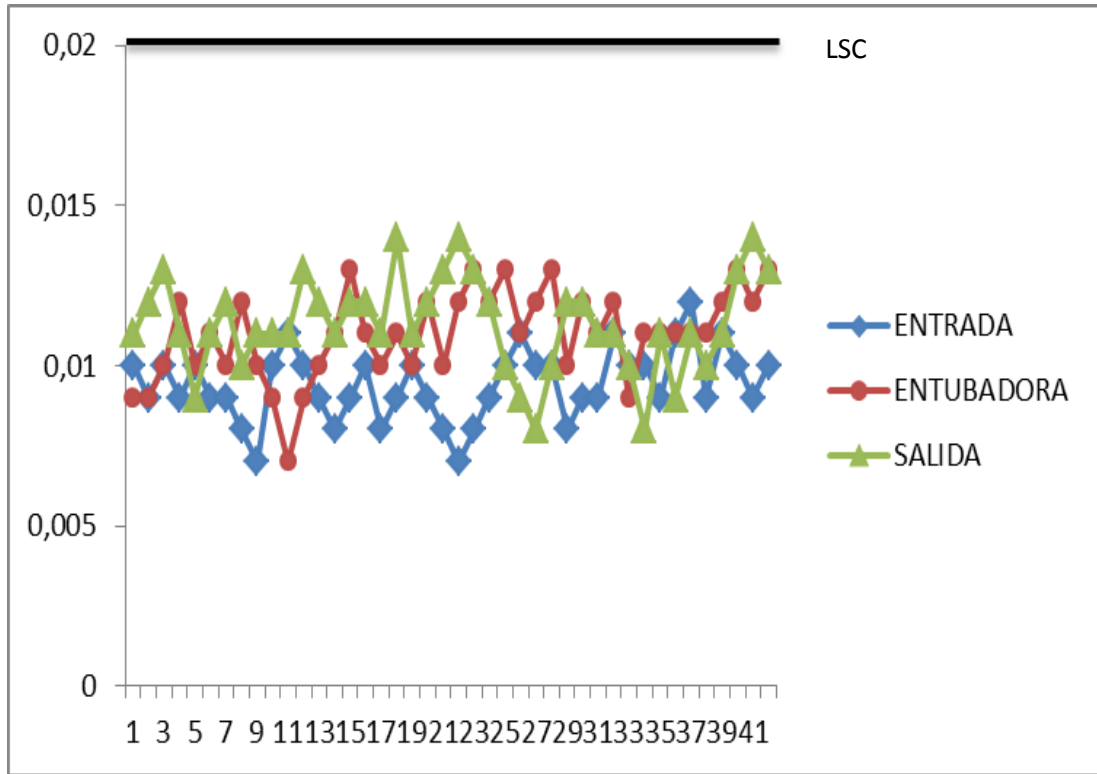


Fig. B.7: Gráfica de control para el manganeso

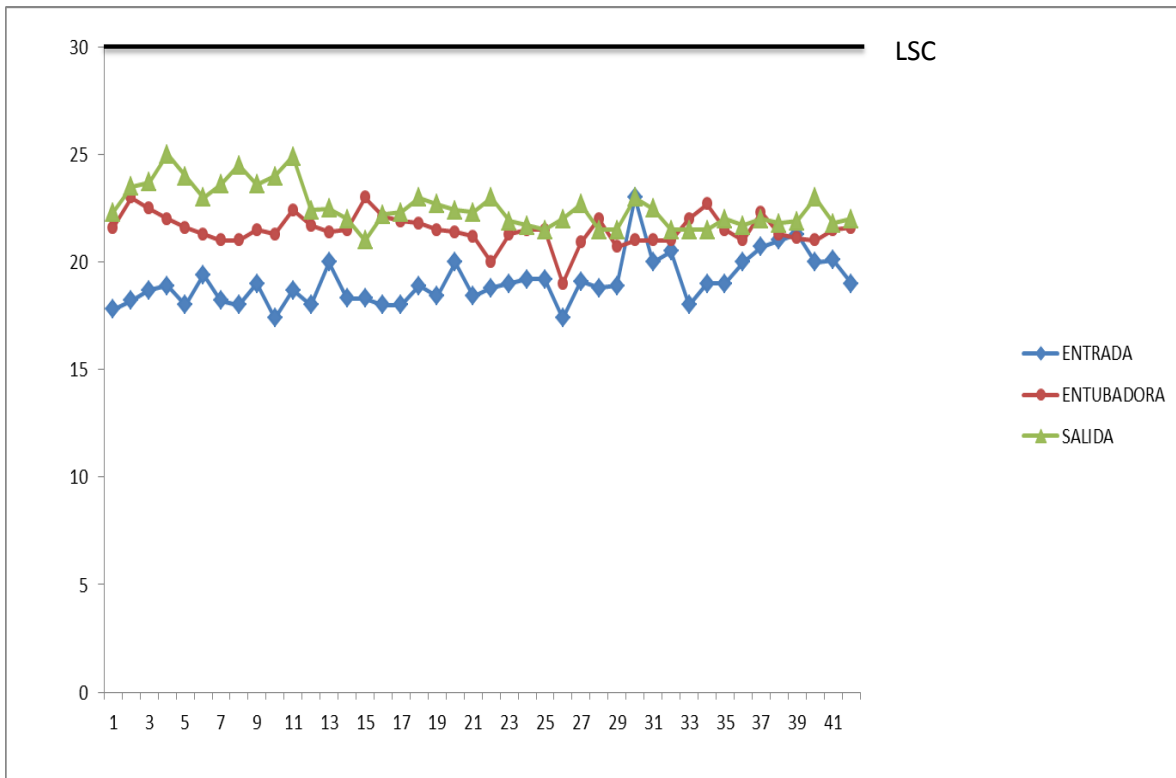


Fig. B.8: Gráfica de control para solidos totales disueltos (STD)

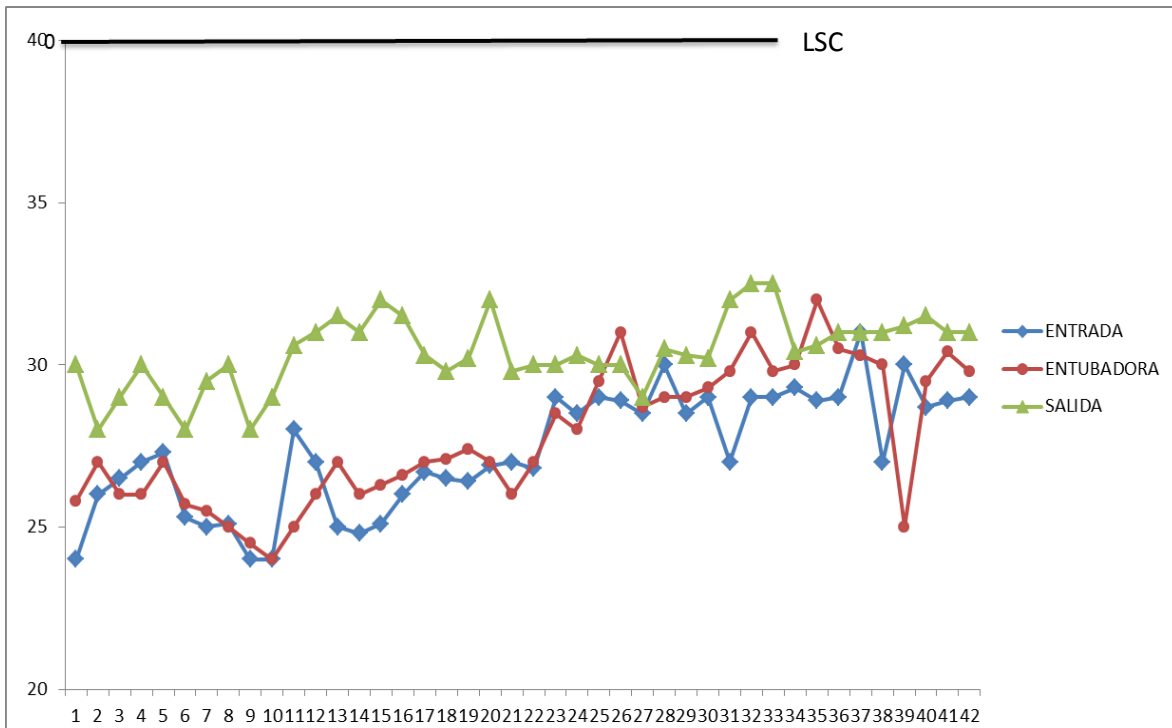


Fig. B.9: Gráfica de control para conductividad

APÉNDICE C

Formato de registro de análisis

Análisis de agua del sistema de enfriamiento de las entubadoras

Parámetros	Unidad	Entubadora	Salida (Tanque de retorno)	Entrada (Tanque de envío)	Especificaciones	Observaciones
pH	Adim.				6,3 - 6,7	
Dureza Total	ppmCaCO ₃				< 300	
Conductividad eléctrica	µS/cm				< 400	a 20°C
Turbidez	NTU				< 30	
Alcalinidad Total (CaCO ₃)	ppmCaCO ₃				< 50	
Sulfato (SO ₄)	ppm				< 30	
Fosfato (PO ₄)	ppm				< 0,1	
STD	ppm				< 400	
Magnesio	ppm				< 30	
Hierro	ppm				< 0,05	
Manganeso	ppm				< 0,02	
Calcio	ppm				< 100	

Fecha de toma de muestra: _____

Hora de captación: _____

Realizado por: _____

APENDICE D

Hoja de chequeo para el control de los parámetros críticos.

 Pirelli de Venezuela C.A.	Control analítico del Agua de Enfriamiento de Semi-Elaborados										Maquina:		Año:		
Fecha															
pH (6,3 - 6,7)															
Fosfatos (mg/L PO_4^{3-}) (0 - 0,1)															
Hierro (mg/L Fe) (0 - 0,05)															
Dureza Total (ppm $CaCO_3$) (0 - 300)															
Solidos Totales Disueltos (ppm) (0 - 400)															
Conductividad ($\mu S/cm$) (0 - 400)															
Alcalinidad Total (ppm $CaCO_3$) (0 - 50)															
Turbidez (NTU) (0 - 30)															

APENDICE E

MANUAL DE MÉTODOS DE
ANÁLISIS FÍSICO-QUÍMICO DEL
AGUA DE ENFRIAMIENTO DE
LAS ENTUBADORAS

ÍNDICE

MÉTODO	N°
Alcalinidad Total.....	01
Conductividad Eléctrica.....	02
Dureza Total.....	03
Fosfato.....	04
Hierro.....	05
Sólidos Totales Disueltos.....	06
Turbidez.....	07
pH	08