

**PRIMER AVANCE DE PROYECTO AUTOMATIZACION DE PROCESOS:
CONTROL PARA LOS PROCESOS DE DOSIFICACION, MEZCLA Y CARGA DE
UNA PLANTA DE ASFALTO**

CARLOS ALBERTO CRUZ PEREZ
LEONARDO FABIO FERNANDEZ DIAZ

UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERIA
BOGOTÁ D.C.
2020

**PRIMER AVANCE DE PROYECTO AUTOMATIZACION DE PROCESOS:
CONTROL PARA LOS PROCESOS DE DOSIFICACION, MEZCLA Y CARGA DE
UNA PLANTA DE ASFALTO**

JOSE ANTONIO TUMIALAN
PROFESOR E INVESTIGADOR INGENIERIA EN AUTOMATIZACION

UNIVERSIDAD DE LA SALLE
FACULTAD DE INGENIERIA
BOGOTÁ D.C.
2020

Contenido

1.	OBJETIVOS.....	6
2.	PROCESO DE MEZCLA	7
3.	SISTEMA MECANICO.....	8
4.	SISTEMA HIDRAULICO	10
5.	SISTEMA NEUMATICO	11
6.	SISTEMA ELECTRICO.....	12
7.	PROCESOS Y SUBPROCESOS	12
8.	MODELAMIENTO DEL SISTEMA DINAMICO DE CAUDAL	14
9.	CONCLUSIONES	17
10.	Bibliografía	17

RESUMEN.

El presente informe corresponde al primer avance de proyecto para la asignatura automatización de procesos, la finalidad del documento es mostrar un proceso de producción de asfalto, describir los subprocesos y componentes necesarios para llevar a cabo el proceso, además de evidenciar la oportunidad para el diseño de una automatización para este, aplicando diferentes conocimientos es posible lograr involucrarse en cada etapa del proceso, ya que la producción de asfalto posee varias características que desarrollan diferentes tecnologías, lo que la convierte en una actividad de gran complejidad que maneja varias gamas de la ingeniería y que emplea diversas áreas del conocimiento.

Al encontrar los subprocesos y los diferentes controles necesarios para las tres acciones del sistema, que son la dosificación, mezcla y carga del asfalto, su maquinaria es pesada, pero tiene todas las características lo que permite el desarrollo de un modelo matemático y además la integración de conceptos neumáticos, hidráulicos, concepciones mecánicas y diseño de controladores que permitan el desarrollo del proyecto.

INTRODUCCION.

Un CIM es un sistema integrado de automatización, donde se desarrolló un proceso de manufactura que integra diversas tecnologías entrelazadas, para lograr un producto de muy alta calidad y con una precisión muy buena a comparación de sistemas de producción tradicionales, estos sistemas constan desde controladores, actuadores, instrumentación y sensorica, hasta sistemas de supervisión y control que permite una buena integración de cada uno de los componentes y logra una sincronización que se enfoca en lograr el objetivo de un buen producto.

Para el caso de este proyecto se realizará la manufactura de piezas sólidas, por lo que desde la alimentación de las piezas al CIM, hasta sus procesos de mecanizado y control de calidad están desarrollados de manera automática, por lo que se planteó que cada grupo tomara uno de los módulos del proceso y luego se integrara con la estación central, para lograr el monitoreo único del sistema además de un control no distribuido, para así poder manejar todas las variables del sistema desde un solo punto.

El informe en cuestión, consigna apreciaciones iniciales de la estación central, tales como daños en infraestructura, daños de software, desincronizaciones y demás factores que a corto y mediano plazo pueda alterar el buen funcionamiento del sistema como conjunto, por lo que la estación central no solo se centra en el controlador, sino que también en la infraestructura de la banda transportadora, las bandejas y los pallets que sirven para transportar el producto a lo largo de toda la línea, por lo que al tener unos buenos elementos es posible evitar colisiones o daños que se puedan efectuar por causas estructurales.

Al ser un sistema dividido en partes es necesario tener variables comunes, una de ellas son las dimensiones de fabricación, ya que es necesario poner a punto y programar los diferentes módulos para que trabajen con esas medidas sin ningún problema, trabajo que se coordinó desde la estación central y que arrojo unas medidas estándar contenidas en el presente informe.

1. OBJETIVOS.

1.1. OBJETIVO GENERAL.

Definir y analizar el sistema de producción de asfalto en todas sus facetas

1.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.

- Determinar los diferentes subprocesos que conforman esta etapa de la producción
- Encontrar las características y equipos de cada etapa, para su análisis.
- Determinar sectores de impacto para el proceso, aspectos a mejorar y reconversiones tecnológicas.

2. PROCESO DE MEZCLA

El sistema tratado en la tesis para la producción de asfalto de una planta real, se centro en el proceso de mezcla de asfalto, por lo que es un proceso grande con diversas variables que permiten su funcionamiento, además de que es una actividad que emplea fuerzas mecánicas y diversas concepciones físicas, por lo que la hace perfecta para su análisis. La combinación del asfalto líquido (caliente) con agregados pétreos en porciones previamente especificadas, se le conoce como mezcla asfáltica. Dependiendo del porcentaje que se utilice del asfalto líquido, así como el de los agregados pétreos, la mezcla tendrá las características y las propiedades necesarias para el uso que se le quiera dar. Actualmente se conocen dos métodos para la fabricación de la mezcla asfáltica: en caliente y en frío. Sin embargo, el método más utilizado y el más común, es el método en caliente. (Alfonso Lopez, 2007)

2.1 Características a tener en cuenta de la mezcla asfáltica.

- **Estabilidad:** Es la capacidad para resistir la deformación bajo las cargas del tránsito. Un pavimento inestable presenta ahuecamientos, corrugaciones y otras señas que indican cambios en la mezcla. (Alfonso Lopez, 2007)
- **Durabilidad:** Es la capacidad para resistir la deformación bajo las cargas del tránsito. Un pavimento inestable presenta ahuecamientos, corrugaciones y otras señas que indican cambios en la mezcla. (Alfonso Lopez, 2007)
- **Impermeabilidad:** Es la resistencia al paso de aire y agua hacia el interior del pavimento.
- **Flexibilidad:** Es la capacidad del pavimento para acomodarse sin agrietamientos, a movimientos y asentamientos graduales de la subrasante. (Alfonso Lopez, 2007)
- **Resistencia a la Fatiga:** Es la resistencia a la flexión repetida bajo las cargas de tránsito. Expresa la capacidad de la mezcla a deformarse repetidamente sin fracturarse. (Miguel Cervera, 2015)
- **Resistencia al deslizamiento:** Capacidad de proveer suficiente fricción para minimizar el deslizamiento o resbalamiento de las ruedas de los vehículos, particularmente cuando la superficie está mojada. (Miguel Cervera, 2015)

Estas variables son de gran importancia para el manejo del controlador y de los componentes mecánicos, por lo que su entendimiento es de vital importancia a la hora de analizar la planta como un modelo matemático y además evidenciar la influencia de la automatización en estas áreas de control.

Por último, tener en cuenta que los procesos de mezcla para una obra civil están normalizados y poseen un estándar de calidad para ser válidos, por lo que los procesos aquí descritos cumplen con varias consideraciones de diseño que generan este nivel de consistencia.

3. SISTEMA MECANICO

El sistema mecánico de la dosificación mezcla y carga para la producción de mezcla asfáltica, está compuesto por los siguientes subsistemas: elevador de cangilones, cribadora, tolvas de almacenaje en caliente, mezclador, banda transportadora y silo de almacenaje.

Elevador de Cangilones: El elevador de cangilones es un medio eficiente para el transporte vertical de materiales pétreos. Una planta de asfalto en caliente cuenta con un elevador de cangilones para llevar los agregados pétreos a la unidad de cernido o cribadora. El elevador de cangilones tiene una capacidad de transporte de 120 tonelada/hora.

Criba Clasificadora: La criba se encarga de separar los elementos pétreos por su tamaño, depositando cada uno de ellos en la tolva correspondiente. Los materiales que la cribadora separa son los que caen directamente del elevador de cangilones y la masa de sólidos que pasa por las mallas de la cribadora es de 120 ton/hora.

Tolvas de almacenaje en caliente: Una planta de asfalto en caliente cuenta con tolvas de almacenaje en caliente. Allí son guardados los elementos pétreos según su granulometría en la tolva correspondiente. Cada tolva de almacenamiento en caliente tiene una capacidad de 2.9 m³. En la parte inferior de cada tolva, está ubicado un cilindro neumático de doble efecto, que hace la apertura de la compuerta para el flujo de material.

Mezcladora: La mezcladora tiene una capacidad de 2.2m³. En la parte inferior de la mezcladora, está ubicado un cilindro neumático de doble efecto, que hace la apertura de la compuerta para el flujo de mezcla asfáltica.

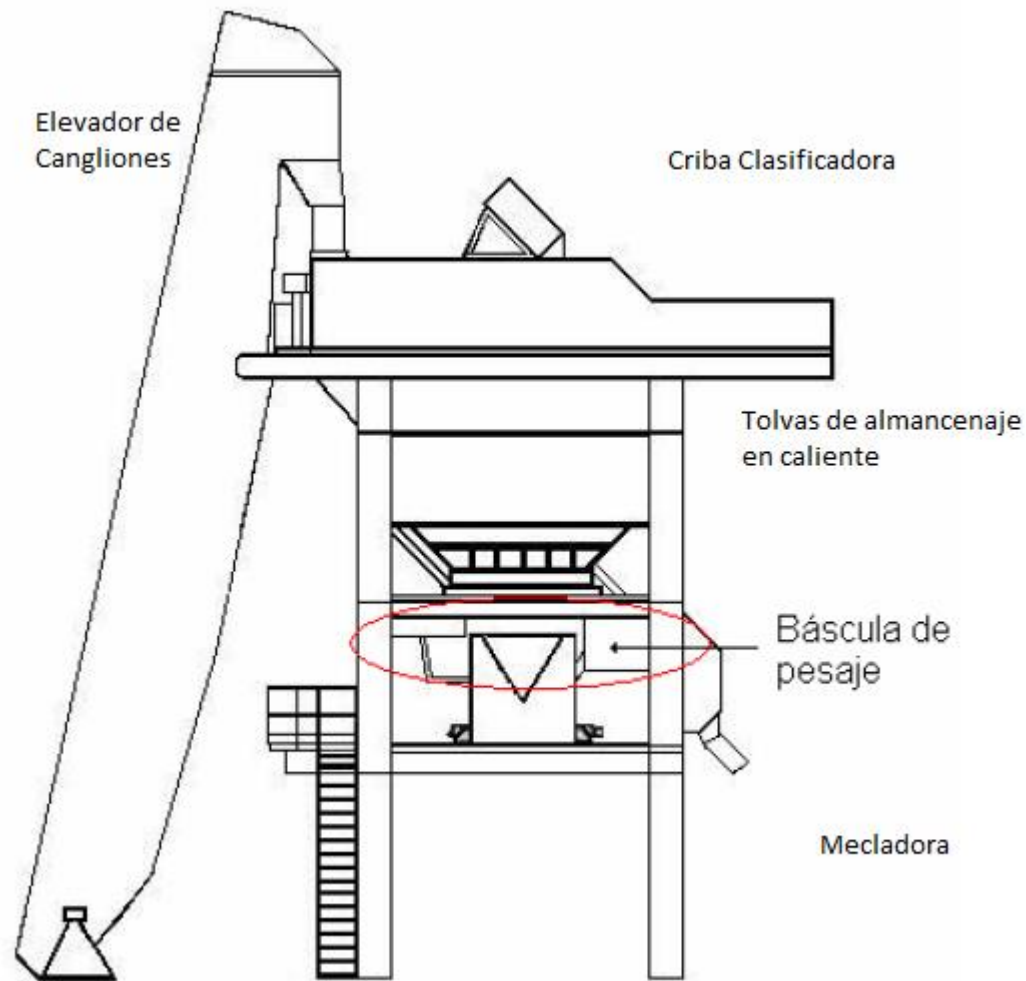


Figura 1. Proceso general de producción

Banda Elevadora de Mezcla: La banda elevadora de mezcla, es el medio de transporte que se utiliza para depositar la mezcla asfáltica en el silo de almacenaje o tolva de carga.

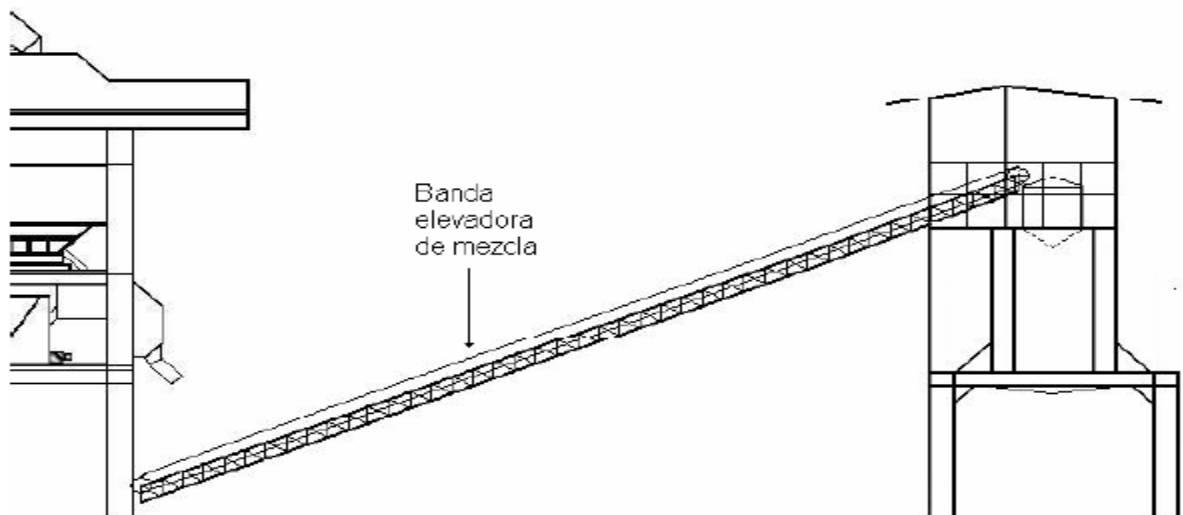


Figura 2. Elevador de Mezcla

Tolva anti – segregación: La tolva anti-segregación está ubicada por encima de la tolva de carga; y la función de esta, es evitar errores de segregación, los cuales son muy comunes en la elaboración este tipo de mezcla. La segregación, es cuando en la mezcla asfáltica se producen concentraciones de materiales gruesos, quedando el producto poco uniforme, no cumpliendo con la fórmula de la mezcla especificada. La tolva anti-segregación tiene una capacidad de 0.75m³.

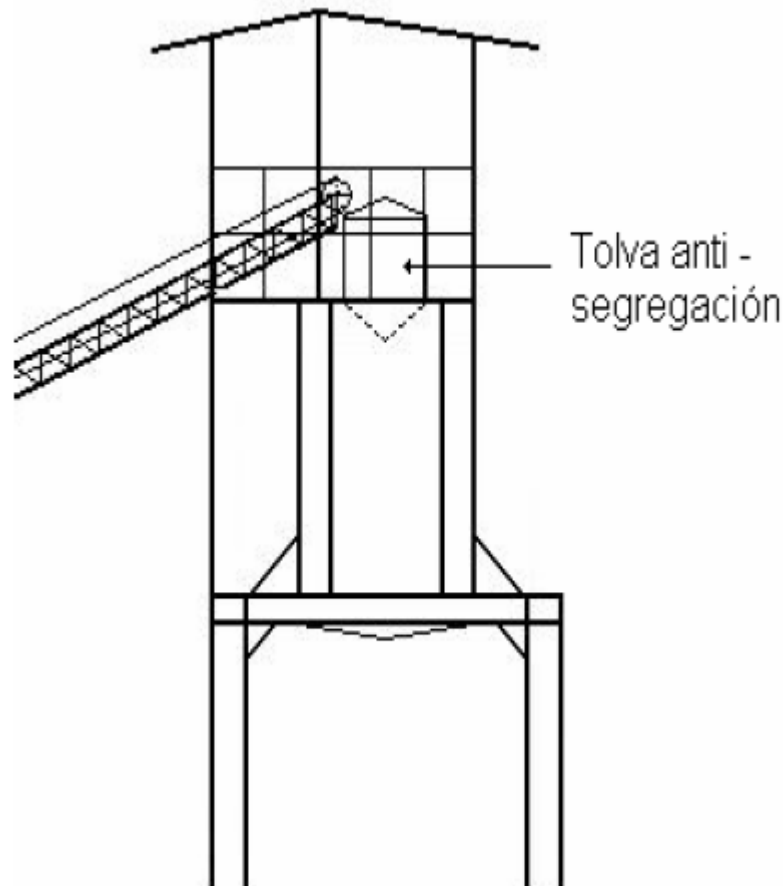


Figura 3. Tolva anti-segregacion

4. SISTEMA HIDRAULICO

El sistema hidráulico consiste en el accionamiento de un cilindro hidráulico de grandes dimensiones, por lo que se emplean dos válvulas para dejar enclavado el sistema y permitir el funcionamiento del cilindro por más tiempo, además de permitir dos señales de control en caso de que alguna falle en algún momento, este cilindro es de grandes prestaciones ya que se encarga de la inyección de la mezcla de concreto, la cual por su volumen y densidad tiene una alta resistencia al movimiento, por lo cual se hace necesario este sistema de manera hidráulica.

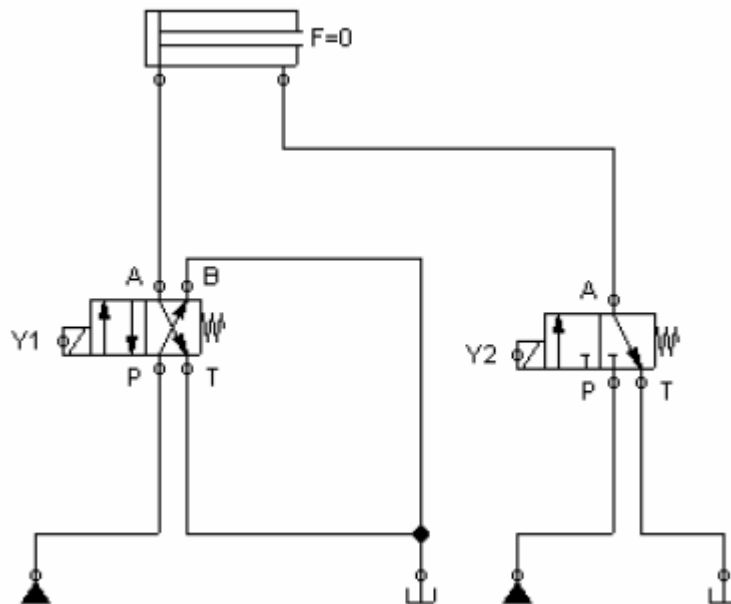


Figura 4. Representación hidráulica del sistema

5. SISTEMA NEUMATICO

El sistema neumático en la planta de asfalto es aquel, que por medio de un compresor de aire, hace el accionamiento de las válvulas, y estas a su vez, los cilindros, que están ubicados en las tolvas de almacenamiento en caliente, básculas de pesaje, mezclador, tolva anti-segregación y tolva de carga.

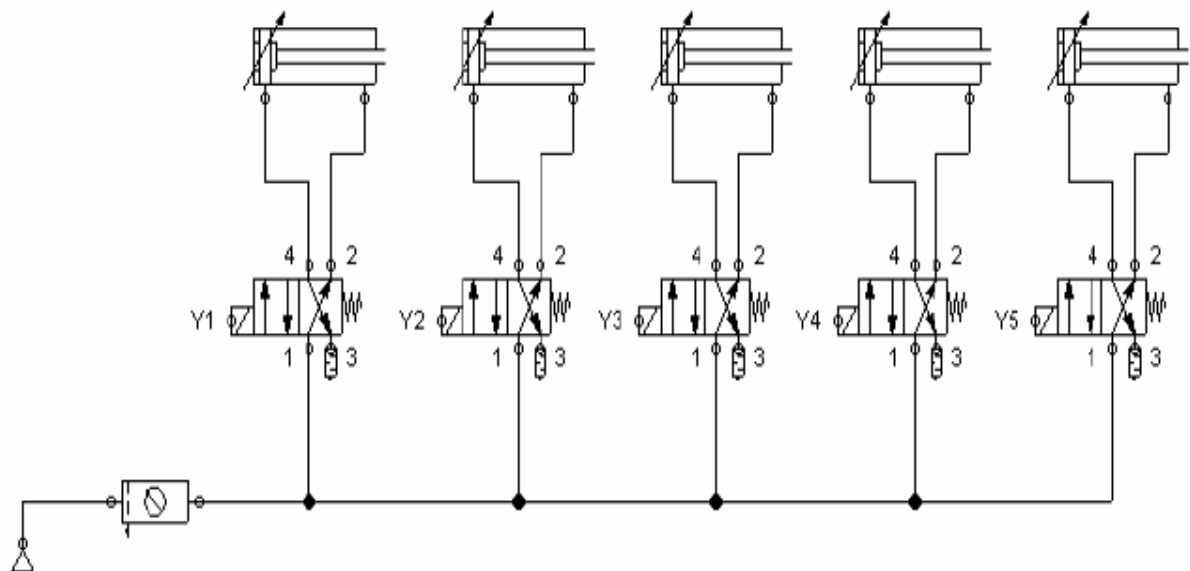


Figura 5. Representación neumática del sistema

6. SISTEMA ELECTRICO

El sistema eléctrico o etapa de potencia en la planta de asfalto, permite el arranque y funcionamiento de los motores que están ubicados en los diferentes procesos para la elaboración de mezcla asfáltica.

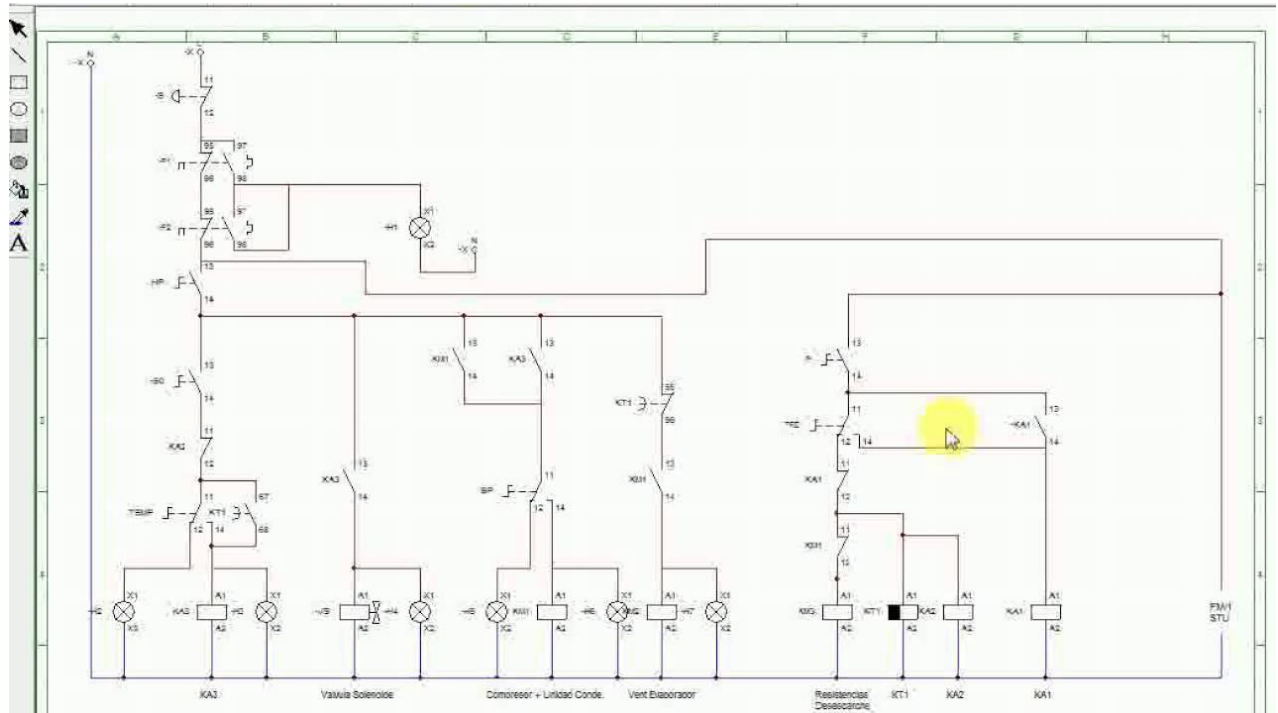


Figura 6: Plano eléctrico.

7. PROCESOS Y SUBPROCESOS

Proceso 1: En el primer proceso se activa el elevador de cangilones. Este es el encargado de subir los elementos pétreos en caliente y descargarlo en la criba de forma progresiva.

Proceso 2: En este proceso, la criba separa y clasifica, según su granulometría, los agregados pétreos, depositándolos en las tolvas correspondientes a cada material para su almacenaje en caliente.

Proceso 3: En la elaboración de mezcla asfáltica se requiere de agregados pétreos y asfalto líquido en porciones o pesos previamente especificados. Para obtener dichas porciones, tanto de los agregados pétreos como de asfalto líquido, se utilizan dos básculas. En una se pesa los agregados pétreos y en otra el asfalto líquido.

Proceso 4: En el cuarto proceso se combinan los componentes de la mezcla asfáltica, es decir que, tanto los materiales pétreos como el asfalto líquido son combinados por medio del mezclador.

Proceso 5: En este proceso, por medio de una banda elevadora, la mezcla asfáltica en caliente es llevada a los silos de almacenaje, quedando a la espera de ser

cargada en los camiones.

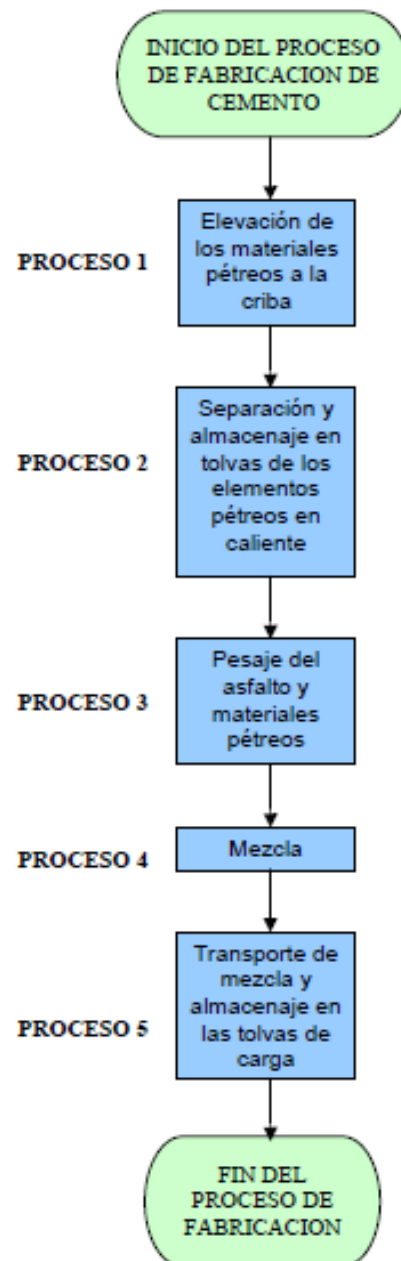


Figura 7: Diagrama de Flujo de los subprocesos

8. MODELAMIENTO DEL SISTEMA DINAMICO DE CAUDAL

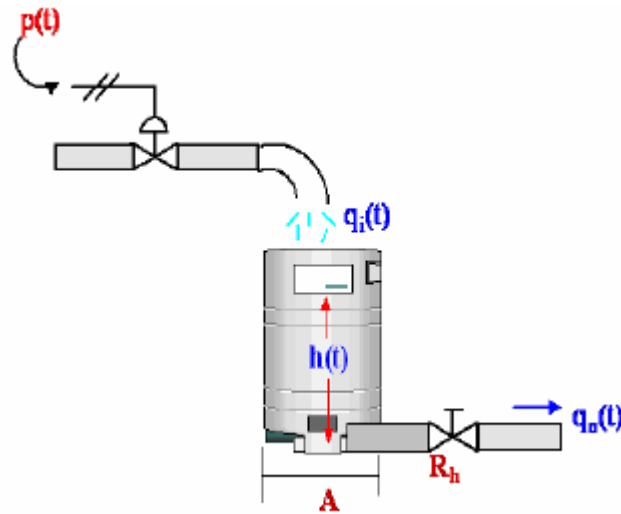


Figura 8: Diagrama de control de caudal

Donde:

$P(t)$ = Señal que regula el caudal hacia el tanque

$q_i(t)$ = Caudal de entrada

$q_o(t)$ = Caudal de salida

$h(t)$ = Altura del tanque

A = Área del tanque

R_h = Resistencia hidráulica o Constante de pérdida de la válvula.

Acumulación = Caudal de entrada - Caudal de salida

$$A \frac{dh}{dt} = q_i - q_o$$

Donde:

$$q_o = \frac{h}{R}$$

Entonces:

$$A \frac{dh}{dt} = q_i - \frac{h}{R} \cong A \frac{dh}{dt} = \frac{q_i R - h}{R} \cong RA \frac{dh}{dt} + h = Rq_i$$

Se define la constante de tiempo $AR = \tau$

$$\tau \frac{dh}{dt} + h = Rq_i \quad (1)$$

Balance en estado estacionario

$$\tau \frac{dh}{dt} s + hs = Rq_i s \quad (2)$$

Se definen las variables de derivación, para lo cual se resta (1) de (2)

$$\tau \frac{d}{dt}(h - hs) + (h - hs) = R(q_i - q_i s)$$

Las variables de derivación son dadas por:

$$(h - hs) = H$$

$$(q_i - q_i s) = Q$$

Con lo cual se tiene que:

$$\tau \frac{dH}{dt} + H = RQ$$

Calculando la transformada de Laplace en la ecuación diferencial en condiciones iniciales nulas:

$$\tau[sH(s) - H(0)] + H(s) = RQ(s)$$

$$\tau sH(s) + H(s) = RQ(s)$$

$$H(s)[\tau s + 1] = RQ(s)$$

$$\frac{H(s)}{Q(s)} = \frac{R}{s+1}$$

Donde:

$$\tau = RA$$

$$\frac{H(s)}{Q(s)} = \frac{R}{RA*s+1} \quad \text{Función de Transferencia}$$

La función de transferencia que se obtuvo anteriormente es la que hace referencia al caudal de salida de la tolva de agregados pétreos. Como la planta de asfalto tiene tres tolvas para almacenar los diferentes agregados pétreos que conforman la mezcla asfáltica, y las tres tolvas tienen las dimensiones iguales, solo se modelará el control para una sola. Ahora se obtienen los valores de A y R. El valor de A es el área de la parte inferior de la tolva. Es decir, por donde sale el material pétreo hacia la báscula de pesaje. Y el valor de R, es el de la constante de pérdida de la válvula (esta constante de pérdida en el modelo de la planta, es la que se genera cuando se abre la compuerta de la tolva).

$A = b \cdot h$; Como solo se quiere saber el área de la parte inferior de la tolva, la b y la h las sustituimos cada una por una l ($A = l \cdot l$).

$$A = b \cdot h ; \quad b = l = 40cm \quad y \quad h = l = 40cm$$

$$A = 0.16m^2$$

$$R = \frac{h}{q_s}$$

La altura h que se utiliza para hallar la constante de pérdida R , es la altura de la tolva.

$$h = 4m \quad y \quad q_s = A\sqrt{2gh}$$

$$q_s = 0.16m^2 \sqrt{2(9.8m/s^2)(4m)}$$

$$q_s = 1.416m^3/s$$

$$\text{Reemplazando en } R = \frac{h}{q_s} \quad \Rightarrow \quad R = 2.82$$

El valor de R se trabaja sin unidades.

9. CONCLUSIONES

El sistema de mezcla y distribución de concreto tiene diversos subprocesos para su carga y descarga, además de todo un conocimiento en automatización e ingeniería de materiales para elegir los componentes correctos y usar las tecnologías mas adecuadas, a pesar de que el modelo matemático esta prescrito para el proceso de dosificación al ser de mayor precisión y por consiguiente de mejor control, no significa que los demás subprocesos pierdan relevancia, además de que todas las características están establecidas es posible crear una reconversión tecnológico, donde ahora se controlen otros procesos que en años anteriores no tenían relevancia.

El proceso presento las encontrar las características deseadas, al ser un proyecto comercial están definidos sus componentes con las especificaciones, por lo que es posible dimensionar el proyecto con equipos actuales, encontrando la mejor forma de automatización con equipo modernos y dándole validez propuesta por el trabajo de grado, por lo que con el cambio de elementos cambian los valores, pero la metodología seria completa y fiable, lo cual era la finalidad de su compañía creada.

10. Bibliografía

Alfonso Lopez, J. C. (2007). *Diseño de una metodología de automatización y control para los procesos de dosificación, mezcla y carga de una planta de asfalto*. Bogota D.C: Universidad de la Salle.

Miguel Cervera, E. B. (2015). *Resistencia de Materiales*. Barcelona: Cimne9.

Víctor M. Alfaro, M. (2007). *Método de identificación de modelos de orden reducido de tres puntos 123c*. San Jose, San Pedro: Universidad de Costa Rica (Ingenieria Electrica).