

1-1-2007

# Diseño de una metodología de automatización y control para los procesos de dosificación, mezcla y carga de una planta de asfalto

Alfonso López Céspedes

Juán Carlos Mesa Hernández

Follow this and additional works at: [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_automatizacion](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_automatizacion)

## Citación recomendada

López Céspedes, A., & Mesa Hernández, J. C. (2007). Diseño de una metodología de automatización y control para los procesos de dosificación, mezcla y carga de una planta de asfalto. Retrieved from [https://ciencia.lasalle.edu.co/ing\\_automatizacion/56](https://ciencia.lasalle.edu.co/ing_automatizacion/56)

This Trabajo de grado - Pregrado is brought to you for free and open access by the Facultad de Ingeniería at Ciencia Unisalle. It has been accepted for inclusion in Ingeniería en Automatización by an authorized administrator of Ciencia Unisalle. For more information, please contact [ciencia@lasalle.edu.co](mailto:ciencia@lasalle.edu.co).

DISEÑO DE UNA METODOLOGÍA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL PARA  
LOS PROCESOS DE DOSIFICACIÓN, MEZCLA Y CARGA DE UNA PLANTA DE  
ASFALTO

ALFONSO LÓPEZ CÉSPEDES

JUAN CARLOS MESA HERNANDEZ

UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE DISEÑO &  
AUTOMATIZACIÓN ELECTRÓNICA  
BOGOTÁ, D.C.

2007

DISEÑO DE UNA METODOLOGIA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL PARA  
LOS PROCESOS DE DOSIFICACIÓN, MEZCLA Y CARGA DE UNA PLANTA DE  
ASFALTO

ALFONSO LÓPEZ CÉSPEDES

JUAN CARLOS MESA HERNANDEZ

Trabajo de grado para optar por el título de:  
Ingeniero de Diseño y Automatización Electrónica

Director

Ing. JOSÉ ANTONIO TUMIALAN BORJA

UNIVERSIDAD DE LA SALLE  
FACULTAD DE INGENIERÍA DE DISEÑO &  
AUTOMATIZACIÓN ELECTRÓNICA  
BOGOTÁ, D.C.

2007

Nota de aceptación

---

---

---

---

---

---

---

Firma del director de la tesis

---

Firma del jurado

---

Firma del jurado

Bogotá D.C, 7 de Marzo de 2007

## *DEDICATORIA*

Dedicamos este trabajo a nuestros padres y familiares por su apoyo incondicional, a nuestros amigos que fueron testigos y de gran ayuda durante nuestro proceso académico, a todos aquellos que con sus palabras de aliento y animo, hicieron de este una realidad, y en especial a Dios, que nos dio la sabiduría, entendimiento, por medios de nuestros docentes, y las herramientas para aplicar el conocimiento adquirido durante los años de universidad.

## AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a los docentes que nos brindaron sus conocimientos durante el proceso académico, al Ingeniero José Antonio Tumialán quien acompañó la realización de esta tesis, al Ingeniero Luís Augusto Cuellar y al personal administrativo de la Planta de Asfalto el Zuque, que nos dieron la oportunidad de, desarrollar este documento e ingresar a las instalaciones de la planta para realizar las correspondientes investigaciones, y a todos los compañeros de estudio que hicieron parte en la conquista de nuestra profesión.

## GLOSARIO

**AGREGADOS:** Masa de piedra triturada, grava, arena, etc. mayormente compuesta de partículas individuales.

**AGREGADO PÉTREO:** Árido compuesto de partículas duras, de forma y tamaño estables.

**ARIDO:** Material pétreo compuesto de partículas duras, de forma y tamaño estables.

**GRANULOMETRÍA:** Describe la distribución de tamaños de las partículas de agregados.

**CRIBA:** Permite clasificar los gránulos en grupos para facilitar su separación en una o más categorías. Esta clasificación se hace con base en el tamaño de partícula.

**LIGANTE ASFÁLTICO:** Cemento basado en asfalto producido a partir de residuos de petróleo, ya sea con o sin adición de modificadores orgánicos no particulados.

**POTENCIA:** Es la relación entre la realización de un trabajo o transmisión de energía. La unidad mecánica de potencia es el Watt, que es definido como un Newton-metro por segundo. La potencia empleada en un periodo de tiempo produce trabajo, permitiendo su medición en KW-hora.

**SEGREGACIÓN:** error común que se presenta en el almacenamiento y carga de la mezcla asfáltica.

**TOLVA:** Caja abierta por abajo, en forma de tronco de pirámide o de cono invertido, dentro de la cual se echan granos u otros cuerpos para que caigan poco a poco entre las piezas del mecanismo destinado a triturarlos, molerlos, limpiarlos, clasificarlos o para facilitar su descarga.

## CONTENIDO

	pág.
INTRODUCCIÓN	1
1. GENERALIDADES	4
1.1 TEMA	4
1.2 ANTECEDENTES	4
1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	7
1.4 SINTETIZACIÓN	7
1.5 JUSTIFICACIÓN	8
1.6 OBJETIVOS	9
1.6.1 Objetivos Generales	9
1.6.2 Objetivos Específicos	9
1.7 ACTIVIDADES A REALIZAR	10
2. MARCO TEÓRICO	12
2.1 GENERALIDADES DEL PAVIMENTO	12
2.1.1 Definición	12
2.1.2 Clases de Pavimentos	12
2.1.2.1 Flexibles	12
2.1.2.2 Articulados	13
2.1.2.3 Rígidos	13
2.1.3 Cemento Asfáltico	14
2.1.3.1 Definición	14
2.1.4 Agregados Pétreos	15
2.1.4.1 Definición	15



2.1.4.2 Clasificación de los Agregados Pétreos	16
2.1.5 Mezcla Asfáltica	17
2.1.5.1 Definición de Mezcla Asfáltica	18
2.1.5.2 Características de la mezcla asfáltica	19
2.1.5.3 Clasificación de la mezcla asfáltica	20
2.1.6 Proceso Constructivo de Mezcla Asfáltica	21
2.1.6.1 Fabricación Industrial de Mezcla Asfáltica en Caliente	21
2.1.7 Plantas de Asfalto	22
2.1.7.1 Planta Mezcladora de Tambor	22
2.1.7.2 Planta de Dosificación	23
2.2 TRANSPORTE DE MATERIALES Y MANEJO DE SÓLIDOS	23
2.2.1 Bandas Transportadoras	24
2.2.2 Elevadores de Cangilones	25
2.2.3 Criba o Unidad de Cernido	26
2.2.4 Mezcladora	27
2.3 ALMACENAMIENTO DE SÓLIDOS	28
2.3.1 Tolvas y Silos de Almacenamiento	28
2.4 AUTOMATIZACIÓN	29
2.4.1 Automatización Mecánica	30
2.4.2 Automatización Neumática	30
2.4.3 Automatización Hidráulica	30
2.4.4 Automatización Eléctrica	31
2.4.5 Automatización Electrónica	31
2.5 MOTORES	32
2.5.1 Motor Asíncrono	32
2.5.1.1 Motor Asíncrono Trifásico	32
2.5.1.1.1 Motor Asíncrono Conexión En Estrella – Conexión En Triángulo	34
2.5.2 Motor Síncrono	34
2.5.3 Motor Monofásico	35
2.6 ELEMENTOS PARA EL ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO DE MOTORES	36

2.6.1 Contactor Eléctrico	36
2.6.2 Relé Térmico	37
2.6.3 Arrancadores	38
2.7 SENSORES	38
2.7.1 Sensor de Deformación	39
2.7.2 Sensor Ultrasónico	40
2.7.3 Sensor de Contacto	41
2.7.4 Sensor Inductivo de Movimiento	42
2.8 AUTÓMATAS PROGRAMABLES	43
2.8.1 Función de Un Autómata Programable	44
2.8.2 Partes que Componen un Autómata Programable	45
2.8.2.1 Microprocesador	45
2.8.2.2 Memoria	45
2.8.2.3 Entradas / Salidas	45
2.8.2.4 Fuentes de Alimentación	46
3. ESTUDIO DE CAMPO	47
4. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES QUE ELABORAN LA MEZCLA ASFÁLTICA	51
4.1 SISTEMA MECÁNICO	51
4.1.1 Elevador de Cangilones	51
4.1.2 Criba Clasificadora	53
4.1.3 Tolvas de Almacenaje en Caliente	56
4.1.4 Básculas de Pesaje: Agregados y Asfalto Líquido	58
4.1.5 Mezcladora	60
4.1.6 Banda Elevadora de Mezcla	62
4.1.7 Tolva Anti - Segregación y Silo de Almacenaje	64
4.2 SISTEMA HIDRÁULICO Y NEUMÁTICO	67

4.2.1 Hidráulico	67
4.2.2 Neumático	70
4.3 SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO	73
4.3.1 Eléctrico	73
4.3.1.1 Arrancador Directo	73
4.3.1.2 Arrancador Estrella – Triangulo	74
4.3.1.3 Conexión Completa de la Planta	75
4.3.2 Electrónico	75
4.3.2.1 Control Automático / Manual	75
 5. DESARROLLO DEL PROYECTO	 77
5.1 PROCESOS DE FABRICACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA	77
5.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE MEZCLA	79
5.2.1 Control para el Porcentaje de los Agregados Pétreos y Asfalto Líquido	80
5.2.1.1 Modelamiento del Sistema Dinámico Utilizando Ecuaciones Diferenciales Ordinarias	80
5.2.1.2 Simulación del Sistema Utilizando la Herramienta MATLAB	85
5.2.1.3 Simulación del sistema Utilizando Diagramas de Bloques	90
5.3 TIPOS DE MEZCLAS REALIZADAS EN LA PLANTA	91
5.4 PROBLEMAS EN LA FABRICACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA	91
5.4.1 Segregación Aleatoria	92
5.4.2 Segregación Transversal	93
5.5 PRECAUCIONES PARA EVITAR LA SEGREGACIÓN EN LA MEZCLA ASFÁLTICA	93
5.5.1 Diseño de la Mezcla	93
5.5.2 Tolvas de Almacenamiento en Caliente	94
5.5.3 Silos de Almacenamiento	94
5.5.4 Descarga de Mezcla Asfáltica en Camiones	97

5.6 SELECCIÓN, DESCRIPCIÓN Y DETALLES DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL, POTENCIA Y MEDICIÓN	98
5.6.1 Dispositivos de Control	99
5.6.1.1 Controlador Lógico Programable (PLC)	99
5.6.1.2 Interfaz Hombre – Máquina	102
5.6.2 Dispositivos de Potencia	103
5.6.3 Dispositivos de Medición	108
5.7 DISEÑO DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL	117
5.7.1 Estructura General del Sistema SCADA	117
5.8 ENTRADAS Y SALIDAS UTILIZADAS POR EL SISTEMA SCADA	120
5.8.1 Ubicación de los Sensores que Producen las Señales en Entrada para el Sistema SCADA	123
5.8.2 Señales de Salida del Sistema SCADA	124
5.9 ALARMAS	125
5.10 SISTEMA SCADA	126

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

BIBLIOGRAFÍA

PRESUPUESTO DEL PROYECTO

ANEXOS

## LISTA DE TABLAS

	pág.
Tabla 1. Características básicas del elevador de cangilones	53
Tabla 2. Características básicas de la cribadora	55
Tabla 3. Características básicas de las tolvas de almacenaje en caliente	57
Tabla 4. Características básicas de las básculas de pesaje	60
Tabla 5. Características básicas de la mezcladora	61
Tabla 6. Características básicas de la banda elevadora de mezcla	63
Tabla 7. Características básicas del silo de almacenaje	66
Tabla 8. Características de la línea de asfalto	68
Tabla 9. Características de la línea de aire comprimido	71
Tabla 10. Porcentaje de los elementos que forman las mezclas asfálticas	91
Tabla 11. Características básicas de los interruptores	104
Tabla 12. Características básicas de los contactores	106
Tabla 13. Características básicas de los relés de protección	108
Tabla 14. Características básicas del sensor de radar	110
Tabla 15. Características básicas de la sonda de movimiento	112
Tabla 16. Características básicas de la celda de carga	116
Tabla 17. Entradas digitales del sistema SCADA	120
Tabla 18. Salidas digitales del sistema SCADA	122
Tabla 19. Entradas análogas del sistema SCADA	123

## LISTA DE FIGURAS

	pág.
Figura 1. Grafica de porcentajes de plantas en Colombia	5
Figura 2. Tambor secador Double Barrel	6
Figura 3. Flujograma de actividades a realizar	11
Figura 4. Distribución de cargas en el pavimento flexible	13
Figura 5. Asfalto modificado con polímero	14
Figura 6. Base asfáltica	15
Figura 7. Explotación de agregados	16
Figura 8. Agregados pétreos	17
Figura 9. Mezcla asfáltica en caliente	18
Figura 10. Banda transportadora	24
Figura 11. Elevador de cangilones por tolva y por inmersión	25
Figura 12. Criba o unidad de cernido	26
Figura 13. Mezcladora de asfalto	27
Figura 14. Tolvas de almacenamiento	29
Figura 15. Motor asíncrono trifásico	33
Figura 16. Conexión en estrella – Conexión en triángulo	34
Figura 17. Partes de un contactor	36
Figura 18. Relé térmico	37
Figura 19. Arrancador para motor trifásico	38
Figura 20. Galga extensiométrica	39
Figura 21. Sensor ultrasónico	40
Figura 22. Sensor - final de carrera	41
Figura 23. Sensor inductivo de movimiento	42
Figura 24. Autómata Programable	44
Figura 25. Mezcla en vía	48

Figura 26. Planta de asfalto ASTEC, con tambor secador Double Barrel	49
Figura 27. Diseño del elevador de Cangilones	52
Figura 28. Diseño de la criba clasificadora	54
Figura 29. Tolvas de almacenaje en caliente	57
Figura 30. Básculas de pesaje para agregados pétreos y asfalto líquido	59
Figura 31. Mezcladora para la elaboración de mezcla asfáltica	61
Figura 32. Banda elevadora de mezcla	63
Figura 33. Tolva anti – segregación	65
Figura 34. Silo de almacenaje para mezcla asfáltica	66
Figura 35. Componentes del sistema hidráulico	68
Figura 36. Componentes del sistema neumático	71
Figura 37. Flujograma de los procesos de dosificación, mezcla y carga	78
Figura 38. Sistema dinámico del llenado de un tanque	81
Figura 39. Esquema del sistema físico del llenado de un tanque	82
Figura 40. Grafica de la respuesta de la planta con perturbación de escalón unitario	86
Figura 41. Grafica de la respuesta de la planta con perturbación de impulso unitario	86
Figura 42. Diagrama de BODE	87
Figura 43. Grafica del controlador con avance de fase	88
Figura 44. Grafica del controlador PID	89
Figura 45. Diagrama de bloques del sistema con el controlador PID	90
Figura 46. Grafica de la función de transferencia con el controlador PID	90
Figura 47. Segregación en tolvas de almacenaje en caliente	95
Figura 48. Dosificador de carga	96
Figura 49. Descarga de mezcla en una etapa - Forma incorrecta	97
Figura 50. Descarga de mezcla en tres etapas – Forma correcta	98
Figura 51. Controlador lógico programable SIMATIC S7 – 200	100
Figura 52. Panel táctil	102
Figura 53. Arrancador para motor trifásico	104

Figura 54. Contactor	105
Figura 55. Relé de protección	107
Figura 56. Sensor de radar	109
Figura 57. Partes del sensor de radar	110
Figura 58. Sensor de movimiento	111
Figura 59. Ubicación del sensor de movimiento	112
Figura 60. Sensor – Final de carrera	113
Figura 61. Celda de carga	115
Figura 62. Vista esquemática de un puente Wheatstone	116
Figura 63. Esquema funcional de un sistema SCADA	118
Figura 64. Estructura de la metodología de automatización y control	119
Figura 65. Pantalla de los proceso de la fabricación de mezcla	127
Figura 66. Flujograma del algoritmo de encendido para los motores de la planta de asfalto	128
Figura 67. Código de inicialización para el encendido de motores	129
Figura 68. Flujograma del algoritmo de control para los motores	130
Figura 69. Código de fabricación de mezcla	131
Figura 70. Flujograma del algoritmo de control para los procesos de elaboración de mezcla asfáltica	132
Figura 71. Código de finalización para el apagado de motores	133
Figura 72. Flujograma del algoritmo de la secuencia de apagado	134



## LISTA DE PLANOS

- Plano 1. Arranque directo de forma manual
- Plano 2. Arranque directo de forma automática
- Plano 3. Arranque estrella – triangulo de forma manual
- Plano 4. Arranque estrella – triangulo de forma automática
- Plano 5. Conexión completa de la planta
- Plano 6. Conexión de los dispositivos electrónicos
- Plano 7. Manejo automático / manual de la planta de asfalto el Zuque

## LISTA DE ANEXOS

ANEXO 1. Manual de Operación del Sistema SCADA de la Planta de Asfalto el Zuque

ANEXO 2. Características del elevador de cangilones de la planta de asfalto el Zuque

ANEXO 3. Características de la criba clasificadora de la planta de asfalto el Zuque

ANEXO 4. Características de las tolvas dosificadoras de la planta de asfalto el Zuque

ANEXO 5. Características de las básculas de pesaje de la planta de asfalto el Zuque

ANEXO 6. Características del mezclador de la planta de asfalto el Zuque

ANEXO 7. Características de la banda elevadora de la planta de asfalto el Zuque

ANEXO 8. Características del silo de almacenaje de la planta de asfalto el Zuque

ANEXO 9. Características de la línea de asfalto de la planta de asfalto el Zuque

ANEXO 10. Características de la línea de aire comprimido de la planta de asfalto el Zuque

ANEXO 11. Datos técnicos del Controlador Lógico Programable

ANEXO 12. Datos técnicos del panel táctil TP 170A (IHM)

ANEXO 13. Datos técnicos del sensor de nivel

ANEXO 14. Datos técnicos de la sonda de movimiento

ANEXO 15. Datos técnicos de los sensores fines de carrera

ANEXO 16. Datos técnicos de la celda de carga

## INTRODUCCIÓN

La tecnología ha venido avanzando de manera acelerada, dándole un giro significativo en la forma de vivir de cada persona. En la actualidad y en particular nuestro país, la automatización, es tal vez, el campo que más se debe de explotar, debido a las exigencias de los consumidores, que día a día desean que la producción de bienes y servicios gocen de mejor calidad.

La automatización juega un papel importante dentro de los procesos que se encargan de fabricar mezcla asfáltica en una planta. La forma como se realiza este producto exige, cada vez, de controles óptimos para obtener resultados acordes a las necesidades del consumidor

Dar control a cada una de las etapas o fases que hacen parte de la elaboración de la mezcla asfáltica, por medio de la ingeniería de automatización, hace que esta presente menos errores como producto final.

“En Colombia existen 135 plantas de mezcla asfáltica en caliente, las cuales comprenden desde tipos de producción por dosificación o batchadas, como continuas de dosificación en caliente y de mezclado en el tambor con dosificación en frío<sup>1</sup>”. Algunas de estas plantas no están automatizadas (*ejemplo*: Planta de asfalto el Zuque), indicando que son controladas por operarios, mostrando poca eficacia en los controles realizados. Esto hace que se presenten errores en la elaboración de mezcla asfáltica; y por tanto se requieren soluciones de ingeniería eficientes con costos relativamente bajos.

---

<sup>1</sup> [dspace.uniandes.edu.co:5050/dspace/bitstream/1992/535/1/mi\\_956.pdf](https://dspace.uniandes.edu.co:5050/dspace/bitstream/1992/535/1/mi_956.pdf)

Dar una metodología de automatización y control a una planta de asfalto, así como proponer los dispositivos (sensores y actuadores) adecuados que se puedan implementar para la elaboración del asfalto, es el objetivo primordial de este proyecto. En este documento solo se tomará en cuenta la dosificación, mezcla y carga en camiones de la mezcla asfáltica.

La elaboración de este documento se ha dividido en cinco capítulos para su comprensión y desarrollo del proyecto.

En el primer capítulo se encuentran las generalidades. Es decir, se hace referencia al tema, antecedentes, descripción del problema, y síntesis del proyecto. La justificación, los objetivos trazados y las actividades a realizar para lograr el desarrollo del mismo, también hacen parte de este capítulo.

En el segundo capítulo se encuentra el marco teórico, y en él se nombran conceptos claves de la elaboración de mezcla asfáltica y de los dispositivos de automatización que se consideraron de relevancia para la optimización de los procesos de la planta.

En el tercer capítulo se encuentra el estudio de campo realizado por los desarrolladores del proyecto, el cual consistió en visitar instalaciones de plantas automatizadas en el departamento de cundinamarca y en entrevistas con operarios de las mismas, permitiendo elegir la metodología de automatización y control para las necesidades de la planta.

En el cuarto capítulo se encuentra la descripción de los sistemas mecánico, neumático – hidráulico y eléctrico – electrónico, algunas de las características que los componen y su capacidad de trabajo.

Finalmente, en el quinto capítulo se encuentra el desarrollo de la metodología de automatización y control del proyecto utilizando la técnica de SCADA. Se explica el por qué de los dispositivos electrónicos y eléctricos propuestos por los desarrolladores, teniendo en cuenta el costo, beneficio, facilidad de manejo de cada uno de ellos, las instalaciones y condiciones propias de la planta.

## 1. GENERALIDADES

### 1.1 TEMA

La mezcla asfáltica es una combinación de cemento asfáltico y agregados pétreos en porciones previamente especificadas. Las porciones de estos materiales determinan las propiedades y características de la mezcla que se requiera elaborar.

Las mezclas asfálticas se pueden fabricar en caliente o en frío. En este proyecto, se hará énfasis a la mezcla asfáltica producida e caliente.

El Éxito, en la fabricación de la mezcla asfáltica requerida, está en el control óptimo de cada uno de los porcentajes que hacen parte del producto y posteriormente la forma como se deposita o se carga (estando lista la mezcla) en los camiones, eliminando posibles segregaciones.

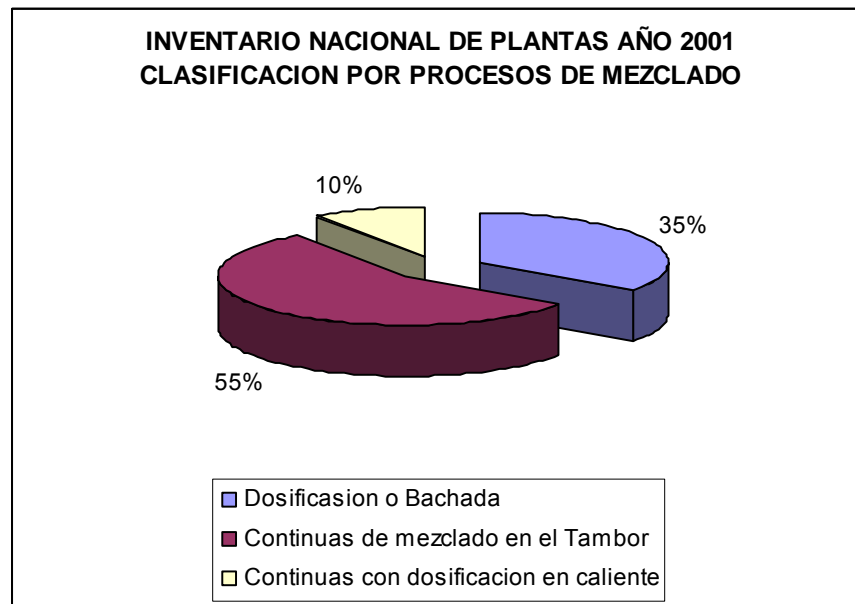
### 1.2 ANTECEDENTES

En la actualidad, existen varios tipos de plantas donde se procesa mezcla asfáltica. Estas se pueden clasificar según el tipo de mezcla que se requiera, ya sea mezcla en caliente o mezcla en frío.

Colombia cuenta con un gran número de plantas que se encargan de la elaboración y producción de asfalto.

Sin embargo, en varias de estas plantas, todo el proceso que abarca la elaboración del producto, se hace de forma rudimentaria, sin tener control en cada uno de los módulos, etapas o fases por los cuales deben pasar los materiales pétreos y asfalto líquido, presentando insuficiencias el producto final.

Figura 1. Gráfica de porcentajes de plantas en Colombia



[www.asopac.com/03\\_la\\_industria.html](http://www.asopac.com/03_la_industria.html)

Por otro lado, debido a la competencia que se genera por parte de las empresas o plantas que producen mezcla asfáltica, lleva a que el personal encargado de una planta de asfalto, implemente tecnología en los procesos, obteniendo una mezcla con los estándares estipulados.

Existen plantas que han venido implementando tecnologías en los procesos de fabricación de mezcla asfáltica, obteniendo las características deseadas.

En Noviembre de 2002, se puso en funcionamiento la primera planta asfáltica Six Pack de ASTEC con tambor mezclador Double Barrel.

Una de las claves del éxito de esta planta reside en el tambor secador-mezclador conocido como Double Barrel, único capaz de efectuar el mezclado secuencial de todos los elementos que conforman el aglomerado asfáltico.

Figura 2. Tambor secador Double Barrel



[www.temac.es/temac/content](http://www.temac.es/temac/content)

La capacidad de esta planta para reciclar en caliente material proveniente de fresado, emplear betunes modificados con un resultado de mezcla de gran calidad y su movilidad, ya que es una planta portátil, coincide con un aumento de las exigencias en calidad y en la preservación del medio ambiente.



### 1.3 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

El proceso de elaboración de la mezcla asfáltica, en las plantas de asfalto que no están automatizadas en Colombia (Planta de asfalto el Zuque), es accionado y controlado por un operario de forma manual, donde la fase de dosificación de los diferentes componentes pétreos de la mezcla asfáltica no es la más óptima, ya que, el cálculo de los porcentajes no se hace de forma exacta, puesto que el operario es el encargado de oprimir un interruptor para abrir la compuerta de la tolva que almacena uno de los pétreos y, determina que porción debe ser alimentada en la báscula análoga. La cantidad del pétreo que es alimentado sobre dicha báscula, varía de acuerdo a la habilidad del operario que esté a cargo de esta fase, lo cual hace que, en muchos casos, no siempre se obtengan los resultados requeridos, arrojando poca exactitud en las características del proceso.

Estas plantas registran desventajas frente a las tecnologías usadas por otras plantas que se encuentran a la vanguardia en la producción de asfalto, y además conlleva a que el producto final presente baja calidad, dando errores tales como: segregación, disgregación y peladura, los cuales dejan al descubierto debilidades ante la competencia.

### 1.4 SINTETIZACIÓN

Se pretende diseñar una metodología de automatización y control para los procesos de dosificación, mezcla y carga de asfalto dentro de una planta no automatizada, emulando el funcionamiento de cada uno de los procesos anteriormente mencionados. De esta forma, se busca asegurar y mejorar la calidad de la mezcla asfáltica, minimizando los errores que se presentan en la elaboración del producto.

## 1.5 JUSTIFICACIÓN

En la actualidad la ingeniería se encuentra en constante crecimiento y se cuenta con los conocimientos y la infraestructura requerida para hacer controles automáticos a costos relativamente bajos.

Los procesos de dosificación, mezcla y carga del asfalto, hechos en plantas rudimentarias, presentan incertidumbre en la calidad del producto, ya que el control que se tiene en dichos procesos es poco seguro, puesto que se manejan dispositivos análogos de poca exactitud en sus medidas. A estos errores de los dispositivos los acompaña también los errores que pueda cometer el operario al manipular dichos dispositivos.

La automatización de estos procesos, mejora la productividad de las plantas por menos pérdidas por errores cometidos (ya sean por los dispositivos o por el operario), beneficia al trabajador respecto a su comodidad laboral, aumenta la eficiencia operativa y supervisión del sistema, además de facilitarle el manejo del sistema.

Pensando en flexibilidad, la automatización permite que la producción de mezcla asfáltica tenga un control en el producido, arrojando reportes cuando sea necesario, a una central administrativa que los requiera.

Con este proyecto se busca garantizar que las plantas, no automatizadas, produzcan asfalto con la calidad demandada por los consumidores. Con la automatización en los procesos que hacen parte de la elaboración de la mezcla asfáltica, se logran características aceptables y de este modo un producto homogéneo para su utilización, es decir, que los porcentajes de los agregados pétreos y asfalto líquido sean los correctos, así mismo como el tiempo requerido para su mezcla y la distribución en los camiones de carga.

Los factores anteriormente mencionados, son los que llevan al desarrollo de este proyecto, queriendo dar soluciones con eficiencia, rapidez y exactitud.

## 1.6 OBJETIVOS

### 1.6.1 Objetivos Generales

Proponer y diseñar una metodología de automatización y control para los procesos de dosificación, mezcla y carga en una planta de asfalto, en donde el funcionamiento de dichos procesos no tenga ningún tipo de control automático.

Emular los procesos de dosificación, mezcla y carga de asfalto.

### 1.6.2 Objetivos Específicos

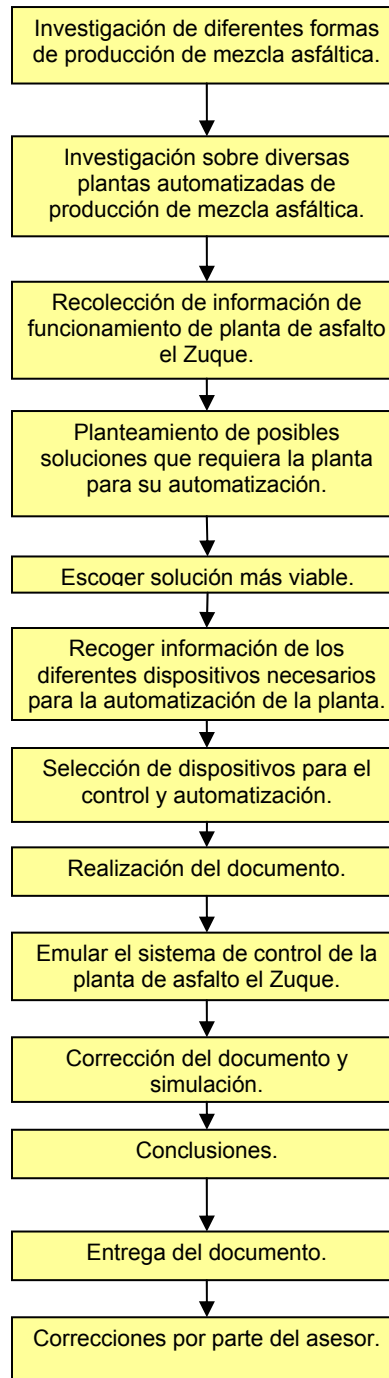
- Establecer la metodología pertinente de trabajo para el desarrollo del proyecto.
- Buscar y determinar qué elementos de la industria se adaptan, tanto en costo como en eficiencia, y que podrían ser implementados dentro de los procesos de dosificación, mezcla y carga en una planta de asfalto no automatizada.
- Realizar los cálculos matemáticos necesarios para el control de la dosificación de los elementos pétreos.
- Diseñar el software que emule el control para los diferentes procesos que hacen parte de la elaboración de mezcla asfáltica.

- Otorgar flexibilidad al programa, dependiendo las necesidades de la planta y/o del operario cuando se quiera elaborar mezcla requerida o predeterminada.
- Diseñar un sistema automático para pesar los porcentajes de los agregados pétreos y asfalto líquido en la báscula correspondiente, dependiendo del tipo de mezcla que quiera elaborar la planta.
- Dentro del software, realizar o generar reportes que indiquen el tipo de mezcla que se realiza con los porcentajes dados, número de bachadas que se han realizado, fecha y hora.
- Proponer el modo de descargue en los camiones para disminuir posibles segregaciones.
- Establecer y diseñar un sistema que permita detener el funcionamiento de las fases de dosificación y mezcla ante cualquier eventualidad que afecte el adecuado funcionamiento de dichos procesos, de la misma planta y de los operarios.
- Elaborar los planos de los circuitos.

## 1. 7 ACTIVIDADES A REALIZAR

Para el desarrollo del diseño de una metodología de automatización y control en los procesos de dosificación, mezcla y carga de una planta de asfalto no automatizada (rudimentaria), fue necesario determinar un plan de trabajo que permitiera llevar a cabo los objetivos propuestos.

Figura 3. Flujo grama de actividades a realizar



## 2. MARCO TEORICO

### 2.1 GENERALIDADES DEL PAVIMENTO

#### 2.1.1 Definición

El pavimento es una estructura que está construida por capas superpuestas que contienen diversos materiales seleccionados. Esta estructura, es especialmente diseñada para el tránsito vehicular automotor.

La evolución y el desarrollo del medio de transporte terrestre (automóvil), ha generado un rápido avance a nivel mundial en las carreteras. “En Colombia la construcción de carreteras se inició alrededor de 1930 y la pavimentación de vías hacia 1945<sup>2</sup>”.

#### 2.1.2 Clases de Pavimentos

Existen tres clases de pavimentos y, estos dependen de los materiales con los que son contruidos, la forma como reciben las cargas de los vehículos y como controlan estas cargas: flexibles, articulados y rígidos.

##### 2.1.2.1 Flexibles

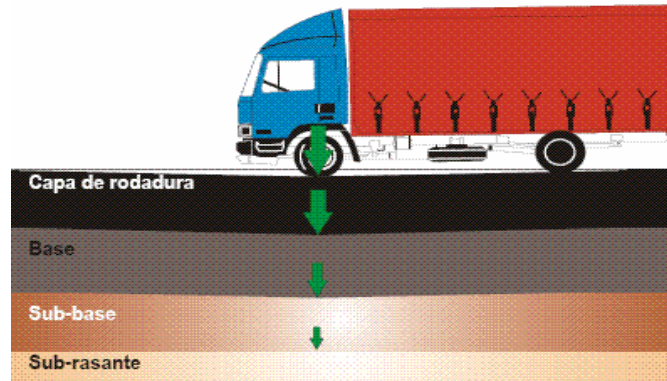
Los pavimentos flexibles están contruidos por capas de mezcla asfáltica. La superficie se apoya sobre una o más capas que ayudan a soportar las cargas que

---

<sup>2</sup> [www.asopac.com/cartilla.pdf](http://www.asopac.com/cartilla.pdf)

generan los vehículos que transitan por esta clase de pavimentos. Proporcionan una superficie de rodadura confortable para el usuario de la vía y, de la misma manera hace que la vida útil de un automóvil se prolongue.

Figura 4. Distribución de cargas en el pavimento flexible



[www.asopac.com/cartilla.pdf](http://www.asopac.com/cartilla.pdf)

#### 2.1.2.2 Articulados

Los pavimentos articulados se hacen o se conforman con adoquines (bloques de concreto prefabricados), y estos, se colocan sobre una capa de arena. La capa de arena va apoyada sobre una capa granular o también puede ir directamente sobre la capa subrasante (terreno natural).

#### 2.1.2.3 Rígidos

Los pavimentos rígidos están compuestos por losas de concreto hidráulico que se colocan sobre una o varias capas de material previamente seleccionado. La capacidad de su estructura y durabilidad, depende casi totalmente de la losa.

### 2.1.3 Cemento Asfáltico

#### 2.1.3.1 Definición

El cemento asfáltico, es un material cementante sólido o semisólido, de color negro compuesto por hidrocarburos, de alto peso molecular. El cemento asfáltico o asfalto, es un material que se puede encontrar en la naturaleza. Sin embargo, también se puede obtener como un derivado de la destilación de determinados crudos de petróleo.

Figura 5. Asfalto modificado con polímero



[www.asopac.com/cartilla.pdf](http://www.asopac.com/cartilla.pdf)

Las características principales que posee (la cohesión y la adhesión con materiales granulares), lo hace ideal para los trabajos, principalmente de, pavimentación de carreteras y la construcción de mallas viales en las ciudades, por donde transita el flujo vehicular. La aplicación de este, se hace dependiendo del tipo de transporte que hará uso de la carretera y/o malla vial, y de la temperatura del sitio de colocación. Es más duro a bajas temperaturas y más blando a altas.



Figura 6. Base asfáltica



[www.asopac.com/cartilla.pdf](http://www.asopac.com/cartilla.pdf)

#### 2.1.4 Agregados Pétreos

##### 2.1.4.1 Definición

Un agregado pétreo es un árido, que está compuesto de partículas duras e inherentes y fragmentadas, con tamaño estable. La facilidad de mezclarlo con asfalto líquido, lo hace especial para soportar el peso del tráfico vehicular.

En la fabricación de pavimentos, los agregados pétreos están presentes en la base granular, así como en la elaboración de la mezcla asfáltica.

Los agregados pétreos se pueden obtener de dos fuentes. Lo podemos encontrar en depósitos que sean de origen natural como los ríos, playas, etc., y también como el producto de la trituración de rocas.

“El agregado constituye entre el 90 y 95% en peso y entre el 75 y 85% en volumen en la mayoría de las estructuras de pavimento. Esto hace que la calidad del agregado usado sea un factor determinante en el comportamiento del pavimento<sup>3</sup>”.

Figura 7. Explotación de agregados



[www.asopac.com/cartilla.pdf](http://www.asopac.com/cartilla.pdf)

#### 2.1.4.2 Clasificación de los Agregados Pétreos

De acuerdo con su tamaño, se dividen en gravas, arenas y relleno mineral (filler).

La grava es un agregado grueso y su calidad es relevante para garantizar buenos resultados en elaboración de mezcla asfáltica y por ende en la construcción de carreteras. Su calidad, es previamente especificada en laboratorios y el tamaño mínimo de este, es de 4.8mm. No debe presentar partículas de polvo, ni extrañas, lo que indica que debe estar limpio y sin recubrimientos de algún tipo de material.

---

<sup>3</sup> [www.asopac.com/cartilla.pdf](http://www.asopac.com/cartilla.pdf)

La arena es un agregado fino. Cuando es utilizado en la elaboración de la mezcla asfáltica debe cumplir con ciertas características, de modo tal que garantice la durabilidad del concreto asfáltico. Esta puede provenir de canteras aluviales (ríos) o puede ser producida artificialmente.

“El relleno mineral es de origen hidrotermal, emplazado por procesos de relleno de fisura con brecha. Como principales minerales constituyentes se tienen: esfalerita, galena, cuarzo y pirita; en menor proporción, tetraedrita, calcopirita, estibina, baritina, yeso, y rejalgar. Estos minerales se presentan con una textura orbicular, siendo el cuarzo el relleno principal a manera de matriz, englobando fragmentos de galena-esfalerita<sup>4</sup>”

Figura 8. Agregados pétreos



[www.asopac.com/cartilla.pdf](http://www.asopac.com/cartilla.pdf)

#### 2.1.5 Mezcla Asfáltica

La elaboración de mezcla asfáltica, exigen agregados secos o con una humedad máxima del 3%. Esta condición es mucho más importante cuando los agregados

---

<sup>4</sup> <http://www.scielo.org.pe>

contienen algo de plasticidad, de tal manera que la humedad es un factor que se debe cuidar tanto en la fabricación de la mezcla, como después de elaborada.

#### 2.1.5.1 Definición de Mezcla Asfáltica

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.

Figura 9. Mezcla asfáltica en caliente



[www.asopac.com/cartilla.pdf](http://www.asopac.com/cartilla.pdf)

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.

#### 2.1.5.2 Características de la Mezcla Asfáltica

Las características más importantes de la mezcla asfáltica son:

- 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.

- Durabilidad

Es la capacidad para resistir la acción de los agentes climáticos y del tránsito, que se observa en desintegración del agregado, cambios en las propiedades del asfalto y separación de las películas de asfalto.

- 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.

- 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.

- 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.

#### 2.1.5.3 Clasificación de la Mezcla Asfáltica

Existen distintos tipos de mezcla asfáltica, dependiendo del tipo de asfalto, la proporción de agregados en la mezcla, la granulometría del agregado y el proceso de fabricación.

Las mezclas se pueden fabricar en caliente en central de mezcla o en frío in-situ.

Según su granulometría o gradación, se pueden usar como bases o como capas de rodadura. Cada mezcla tiene un uso específico que vendrá determinado en el diseño mismo de la mezcla.

Hay varios ejemplos:

En las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS (Instituto Nacional de Vías) se encuentra, entre otras, las siguientes posibilidades:

- Mezcla densa en frío.
- Mezcla abierta en frío.
- Mezcla densa en caliente.
- Mezcla abierta en caliente.
- Mezcla discontinua en caliente para capa de rodadura.
- Mezcla drenante.

#### 2.1.6 Proceso Constructivo de Mezcla Asfáltica

El proceso de construcción de la mezcla asfáltica, ya sea para capas intermedias, de nivelación o rodadura, obedece a la misma secuencia general, en donde se advierten dos procesos:

El primero consiste en pruebas de laboratorio, las cuales dan las bases para el segundo proceso de construcción, en el cual se debe desarrollar la fórmula de trabajo mediante un buen control de calidad.

##### 2.1.6.1 Fabricación Industrial de Mezcla Asfáltica en Caliente

La mezcla asfáltica en caliente, es un proceso de fabricación industrial que se hace en plantas productoras de mezcla asfáltica. La planta dedicada a la elaboración de mezcla asfáltica, debe estar dotada con los equipos necesarios para su fabricación, de modo tal que el producto final sea el esperado. En la planta, los agregados son calentados, secados, combinados y mezclados con el asfalto líquido. Las plantas de asfalto que producen mezcla asfáltica en caliente realizan cuatro operaciones principales: secado, cribado, proporcionamiento y mezclado.

En la operación de secado, los agregados pétreos entran a un tabor secador y los deja a una temperatura aproximada a los 160° C.

El cribado, consiste en la separación de los materiales pétreos, pasando estos a tolvas individuales para su almacenaje en caliente.

El proporcionamiento es donde se descarga la cantidad necesaria y requerida de los agregados pétreos para fabricar la mezcla asfáltica.

El mezclado, es donde los agregados pétreos y el asfalto líquido se combinan y mezclan quedando la mezcla asfáltica en caliente ya lista para ser llevada al silo de almacenamiento.

#### 2.1.7 Plantas de Asfalto

En general, existen dos tipos de planta para la producción de mezcla asfáltica. Una es por dosificación (bachada) y la otra por mezcladora de tambor (continua).

##### 2.1.7.1 Planta Mezcladora de Tambor

La dosificación de los agregados se define en el diseño previo y se controla por el operador de forma manual o por un sistema electrónico. Los agregados se encuentran almacenados en varias tolvas y se dosifican y transportan por medio de bandas que los llevan al tambor secador, en el que se mezclan y se calientan a la temperatura requerida.

El cemento asfáltico, que ha sido calentado previamente en su tanque de almacenamiento, se agrega posteriormente a los agregados pétreos. En la bandeja de salida se controla la temperatura de mezclado. La mezcla asfáltica se



transporta con la ayuda del elevador y se almacena en el silo. Una vez en el silo, se procede al cargue.

#### 2.1.7.2 Planta de Dosificación

Las plantas de dosificación (bachada) producen la mezcla caliente en cargas, una tras otra. El tamaño de la carga varía de acuerdo a la capacidad del mezclador que tenga planta. Las plantas de dosificación se distinguen de las plantas mezcladoras de tambor porque no producen la mezcla en caliente en un flujo continuo. Los agregados se llevan, en cantidades controladas, del lugar de almacenamiento al secador, donde además se calientan. Luego pasan por una unidad de cribado, la cual separa el material en fracciones de diferente tamaño y lo deposita en tolvas para su almacenaje en caliente. Después, los agregados y el relleno mineral se pesan, se combinan con el asfalto y se mezclan en su totalidad para formar una carga. Finalmente, la mezcla se almacena en un silo o se carga en los camiones y se lleva al lugar de pavimentación.

### 2.2 TRANSPORTE DE MATERIALES Y MANEJO DE SÓLIDOS

Los sistemas de transporte, son utilizados para diversos propósitos en la industria. El transportar ingredientes o materiales a granel, es una de sus principales funciones. Por lo general, los sistemas de transporte son utilizados de forma horizontal y tienen poca pendiente. Sin embargo, existen otros sistemas de transporte de material que están instalados verticalmente o con pendiente bastante pronunciada.

El manejo de sólido, en la industria, se hace importante cada vez que se requiera la separación de materiales a granel, así como la mezcla de estos mismos.

### 2.2.1 Bandas Transportadoras

Una banda o cinta transportadora, es un elemento auxiliar en las instalaciones, generalmente, industriales, que sirve para llevar elementos de un lado a otro. Esta recibe un producto que está más o menos en flujo continuo para conducirlo de un punto a otro punto donde se necesite del elemento que transporta.

Figura 10. Banda transportadora



Fuente propia

Las bandas transportadoras son de gran sencillez en su funcionamiento. Debido a su sencillez, los posibles problemas mecánicos que pueda dar, son pocos y, el mantenimiento es bastante fácil de hacer. Pueden trabajar solas y la presencia de una persona u operario no es indispensable para que manipule su funcionamiento.

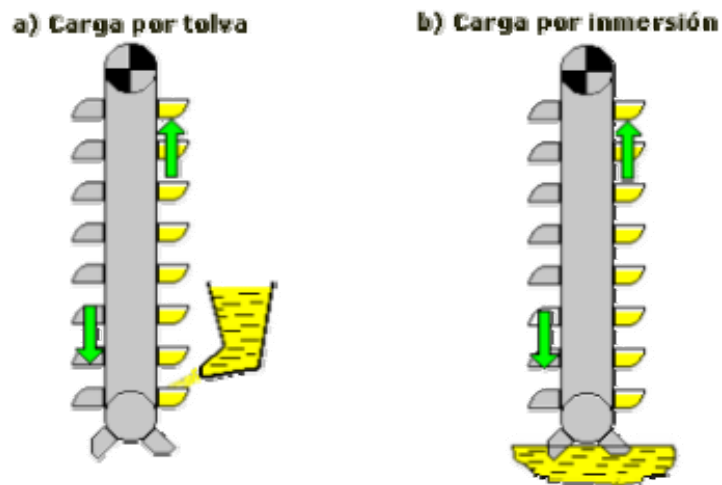
Las longitudes y velocidades que estas pueden alcanzar varían dependiendo de la aplicación que se le quiera dar. Las pendientes que utilizan se limitan a  $30^\circ$ . El diseño y la aplicación de este tipo de transportadores, inicia con el estudio de los elementos o materiales que se vayan a manejar. La capacidad de transporte

depende básicamente del ancho y la velocidad del motor que hace circular la banda.

### 2.2.2 Elevadores de Cangilones

“Los elevadores de cangilones son el medio más eficiente para elevar grano, ingredientes peletizados y suaves, alimentos terminados y casi todos los materiales, a excepción del material pegajoso que no se descargara de los cangilones. Los elevadores de cangilones requieren de la menor cantidad de potencia para el transporte vertical que cualquier otro sistema de transporte<sup>5</sup>”.

Figura 11. Elevador de cangilones por tolva y por inmersión



<http://www.kauman.com>

Un elevador de cangilones está constituido por una cinta o cadenas, a la cual se le fijan cangilones a intervalos regulares. La cadena o cinta gira alrededor de dos

---

<sup>5</sup> <http://sabanet.unisabana.edu.co/ingenieria>

piñones dentados o poleas que están ubicados en los extremos de la estructura. El conjunto del motor, que hace girar el piñón dentado o polea y, este a su vez la cadena o cinta en la que están anclados los cangilones, se le conoce como tambor motor, y está ubicado en la parte superior de la estructura.

Las principales variaciones de calidad son las del espesor de recubrimientos, espesor de los cangilones, la calidad de la cadena o cinta y la potencia del motor.

### 2.2.3 Criba o Unidad de Cernido

Una criba o unidad de cernido, básicamente cumple la función de separar materiales a granel, ya sea por su tamaño o por su peso. En el mercado se encuentra gran variedad de sus diseños, dependiendo del trabajo o el proceso en el que se requiera la presencia de estas máquinas.

Figura 12. Criba o unidad de cernido



[www.almix.com](http://www.almix.com)

Las cribas se han destacado como uno de los métodos más eficientes para la clasificación granulométrica. Una criba, es un conjunto que está formado por un marco, al cual se le monta una malla entre tejida por donde pasan los materiales granulares y por medio de un motor que la hace vibrar, son separados.

#### 2.2.4 Mezcladora

Es una máquina que facilita la combinación de diferentes materiales a granel, y/o líquidos.

El trabajo que realiza este tipo de máquina es bastante eficiente, ya que los elementos (material a granel y/o líquidos) que se introduzcan a esta, dan la textura que se desee, siempre y cuando las cantidades de dichos elementos sean las correctas.

Figura 13. Mezcladora de asfalto



[www.almix.com](http://www.almix.com)

El tiempo que se emplee durante el mezclado y las condiciones propias del mezclador, como su capacidad y el tipo de motor que efectúa el movimiento de las paletas mezcladoras, así como la velocidad del mismo, resultan ser las más relevantes para el buen desempeño de la misma.

## 2.3 ALMACENAMIENTO DE SÓLIDOS

Los criterios de diseño para el almacenamiento de sólidos son menos claros, puesto que un diseño científico completo que use factores establecidos resulta caro, a menudo el diseño se basa en la experiencia de diseños anteriores que han resultado satisfactorios, en vez de en un entendimiento básico de los principios científicos que están en juego.

### 2.3.1 Tolvas y Silos de Almacenamiento

Las tolvas y los silos de almacenamiento son mecanismos empleado para depositar y canalizar materiales granulares o polvorientos.

Generalmente, la estructura de la tolva es cónica, con las paredes inclinadas y permiten que la dosificación del material sea homogénea.

Para cargarlas se efectúa por la parte superior y la descarga por una compuerta ubicada en la parte inferior.

La estructura del silo de almacenamiento es de forma cilíndrica y para cargarlos de material, se hace de manera similar a las tolvas.

Es común encontrar estos mecanismos de depósito en procesos de agricultura, construcciones e instalaciones industriales.

Figura 14. Tolvas de almacenamiento



<http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderito/tolva.gif>

## 2.4 AUTOMATIZACIÓN

En general, la automatización es la sustitución de la acción humana. Un sistema automático supone siempre la existencia de una fuente de energía para poder mover los mecanismos independientes o no entre si, que hacen parte del mismo sistema de automatización, de unas piezas de mando, las cuales ordenan el ciclo que debe realizar el sistema y otras partes de trabajos que lo ejecutan.

Las técnicas de automatización y según el automatismo empleado, existe automatización mecánica, neumática, hidráulica, eléctrica y electrónica. Sin embargo, existe la combinación entre ellas y en la práctica es lo más habitual.

#### 2.4.1 Automatización Mecánica

Algunos de los sistemas mecánicos usados en la industria, suelen ser complicados por la abundancia de mecanismos que se manejan y de escasa flexibilidad. A pesar de esto, la tecnología que regula su funcionamiento es relativamente accesible para personas poco cualificadas, traduciéndose esto en un montaje y manteniendo económicos.

Algunos de los problemas que presenta sistemas mecánicos, en muchos casos, es la longitud de las cadenas y, la sincronización de movimientos de las partes móviles.

#### 2.4.2 Automatización Neumática

Los sistemas neumáticos tienen infinidad de aplicaciones, especialmente en el trabajo de fijación de piezas, bloque de elementos, alimentación de máquinas y movimiento lineal. En la industria, casi todas las automatizaciones, tienen como elementos de mando, instalaciones neumáticas.

La sencillez de los propios sistemas de mando (cilindros, válvulas, etc.), la rapidez de movimiento que se puede llegar a manejar, y la economía de los sistemas neumáticos una vez instalados, son las principales ventajas que presenta esta técnica de automatización.

#### 2.4.3 Automatización Hidráulica

El principio de funcionamiento de la automatización hidráulica es muy similar a la neumática aunque con algunas diferencias. En una, el flujo de aire es que hace



mover los actuadores (neumática), y la otra el flujo de aceite es el que hace desplazar el vástago de los cilindros (hidráulica).

El mando hidráulico es más lento que neumático, pero es capaz de desarrollar mas trabajo sin que necesite velocidad en las respuestas.

El uso de la hidráulica es frecuente encontrarlo en prensas, y en los automóviles (dirección, frenos y suspensión).

#### 2.4.4 Automatización Eléctrica

Cualquier máquina por sencilla que sea, tendrá algún tipo de automatismo o sistema eléctrico, encargado de generar movimiento a los o como función de mando dentro de la misma máquina.

#### 2.4.5 Automatización Electrónica

“La llegada de la electrónica a la industria ha supuesto una verdadera revolución y ha permitido que la automatización industrial dé un paso gigante. La base de este avance en la automatización ha sido el sistema digital, que ha desembocado en el ordenador y, naturalmente, en el autómatas programable<sup>6</sup>”.

---

<sup>6</sup> CEMBRANOS NISTAL, F. Jesús. Automatismos Eléctricos, Neumáticos e Hidráulicos. 3 ed. Thomson. Madrid, 2002. Pág., 3

## 2.5 MOTORES

Las necesidades de la industria han obligado a los fabricantes de motores a crear distintas clases de ellos. Las más utilizadas en corriente alterna son los asíncronos, síncronos y monofásicos.

Arrancar un motor lleva consigo los problemas debidos a sus características; mientras el rotor asíncrono puede arrancar sin más, conectándolo directamente a la red, el síncrono precisa de un empalamiento, y el monofásico de un bobinado o espira de arranque.

En el momento del arranque del motor, este debe generar un par lo suficientemente grande para vencer la que ofrecen los mecanismos propios y las cargas que estén aplicadas al eje del motor.

### 2.5.1 Motor Asíncrono

Los motores asíncronos, son máquinas eléctricas que han tenido mayor aplicación en la industria y artefactos electrodomésticos. Estas máquinas son los principales convertidores de energía eléctrica en mecánica.

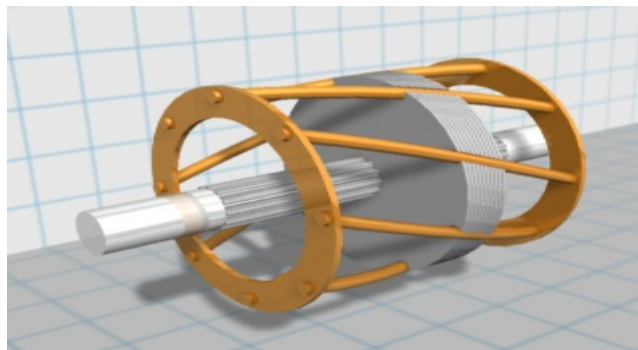
#### 2.5.1.1 Motor asíncrono trifásico

El motor asíncrono trifásico está formado por un rotor y un estator en el que se encuentran las bobinas inductoras. Estas bobinas son trifásicas y están desfasadas entre sí  $120^\circ$ . Cuando por estas bobinas circula un sistema de corrientes trifásicas, se induce un campo magnético giratorio que envuelve al rotor.

El rotor puede ser de dos tipos, de jaula de ardilla o bobinado. En cualquiera de los dos casos, el campo magnético giratorio producido por las bobinas inductoras del estator genera una corriente inducida en el rotor. Como esta corriente inducida se encuentra en el seno de un campo magnético, aparecen en el rotor un par de fuerzas que lo ponen en movimiento.

El campo magnético giratorio gira a una velocidad denominada de sincronismo. Sin embargo el rotor gira algo más despacio, a una velocidad parecida a la de sincronismo. El hecho de que el rotor gire más despacio que el campo magnético originado por el estator, se debe a que si el rotor girase a la velocidad de sincronismo, esto es, a la misma velocidad que el campo magnético giratorio, el campo magnético dejaría de ser variable con respecto al rotor, con lo que no aparecería ninguna corriente inducida en el rotor, y por consiguiente no aparecería un par de fuerzas que lo impulsaran a moverse.

Figura 15. Motor asíncrono trifásico



[http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:AM\\_Klietka\\_stoc.jpg](http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:AM_Klietka_stoc.jpg)

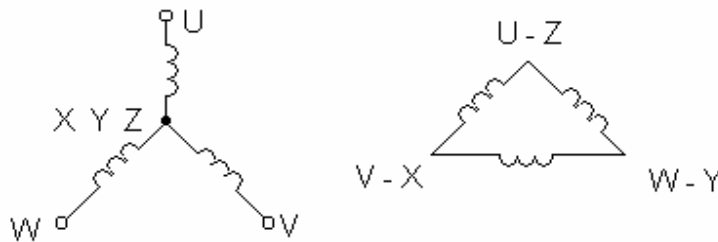
El motor asíncrono trifásico, se puede conectar en estrella o en triángulo. Como ya se nombró, este dispone de un rotor y de un estator. El estator está compuesto por uno o varios grupos de bobinados trifásicos.

#### 2.5.1.1.1 Motor Asíncrono Trifásico – Conexión en Estrella – Conexión en Triángulo

Si se unen las bornas X – Y – Z entre si y se conectan las bornas U – V – W a la tensión trifásica, se tendrá una conexión en estrella. “Con este tipo de conexión la tensión que llega a cada bobina es  $\sqrt{3}$  veces menor que en la tensión trifásica, esto es, si se han conectados las bornas U – V – W a una tensión de 380 V, en las bobinas solo se tendrá 220 V, con la reducción de intensidad y del par motor<sup>7</sup>”.

Si se unen los terminales U – Z, V – X y W – Y se tendrá una conexión en triángulo. “En este tipo de conexión, las bobinas soportan la misma tensión que existe en la red. Si se conectan el motor a 380 V, en las bobinas habrá 380 V<sup>8</sup>”.

Figura 16. Conexión en estrella – Conexión en triángulo



#### 2.5.2 MOTOR SÍNCRONO

Los motores síncronos son un tipo de motor eléctrico de corriente alterna. Su velocidad de giro es constante y viene determinada por la frecuencia de la tensión

<sup>7</sup>CEMBRANOS NISTAL, F. Jesús. Automatismos Eléctricos, Neumáticos e Hidráulicos. 3 ed. Thomson. Madrid, 2002. Pág., 27

<sup>8</sup>CEMBRANOS NISTAL, F. Jesús. Automatismos Eléctricos, Neumáticos e Hidráulicos. 3 ed. Thomson. Madrid, 2002. Pág., 27

de la red a la que esté conectado y por el número de pares de polos del motor, siendo conocida esa velocidad como velocidad de sincronismo.

Estos están constituidos por un inducido que suele ser fijo, formando por lo tanto el estator sobre el que se aplica una corriente alterna y por un inductor o rotor formado por un imán o electroimán que contiene un cierto número de pares de polos magnéticos.

El campo variable del estator hace girar al rotor a una velocidad fija y constante de sincronismo que depende de la frecuencia alterna aplicada. De ello deriva su denominación de síncronos.

### 2.5.3 Motor Monofásico

Los motores monofásicos, como su propio nombre indica son motores con un solo devanado en el estator, que es el devanado inductor. Prácticamente todas las realizaciones de este tipo de motores son con el rotor en jaula de ardilla. Suelen tener potencias menores de 1KW, aunque hay notables excepciones como los motores de los aires acondicionados con potencias superiores a 10KW.

Se utilizan fundamentalmente en electrodomésticos, bombas y ventiladores de pequeña potencia, pequeñas máquinas-herramientas, en los mencionados equipos de aire acondicionado, etc.

Se pueden alimentar entre una fase y el neutro o entre dos fases. No presentan los problemas de excesiva corriente de arranque como en el caso de los motores trifásicos de gran potencia, debido a su pequeña potencia, por tanto todos ellos utilizan el arranque directo.

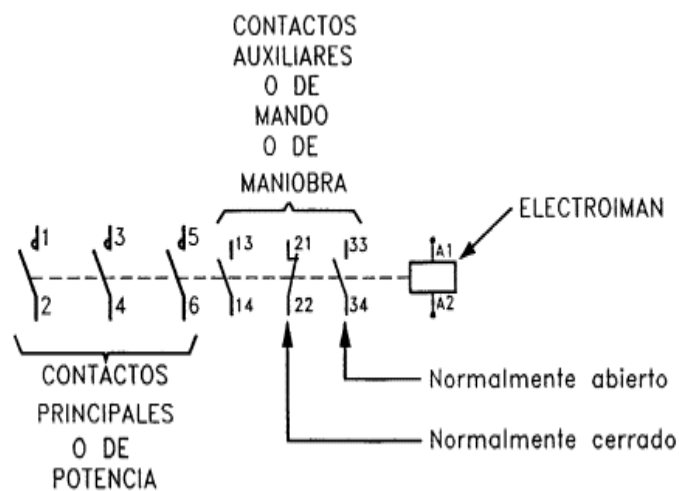
## 2.6 ELEMENTOS PARA EL ACCIONAMIENTO ELÉCTRICO DE MOTORES

### 2.6.1 Contactor Eléctrico

Un contactor es un interruptor el cuál es accionado mediante un electroimán, y si se le aplica tensión a la bobina del electroimán, se consigue la apertura o cierre del interruptor. Este, está diseñado con robustez para soportar mayores tensiones y corrientes. Es muy similar al relé con la diferencia que los contactos de este último, están formados por un común, otro abierto y otro cerrado. Y en un contactor, los dos contactos se encuentran abiertos o cerrados, no tiene común.

Los contactores se dividen en tres partes. En la primera parte se encuentran los contactos de potencia, a través de los cuales se alimenta el circuito de potencia. Luego encontramos los contactos auxiliares para el gobierno y control del electroimán y otros elementos del circuito. Finalmente, se encuentra el electroimán, que es quien acciona los contactos de potencia y los auxiliares.

Figura 17. Partes de un contactor



<http://www.automatas.org/siemens/images/introd9.gif>

### 2.6.2 Relé Térmico

Es un elemento de protección contra sobrecargas en los motores eléctricos. Sin embargo, no protege al motor cuando el calentamiento de éste se produce por causas ajenas a la corriente que está tomando de la red.

El elemento fundamental de los relés térmicos es un bimetálico. Este se calienta en función de la corriente y provoca, cuando la temperatura es excesiva, la apertura de un contacto intercalado en serie con la bobina del contactor.

Debe reunir tres condiciones:

- Debe permitir el arranque del motor en condiciones normales sin dispararse.
- Permitir el paso de la intensidad nominal del motor indefinidamente, sin dispararse.
- Debe dispararse ante cualquier sobrecarga mantenida antes del tiempo de sobrecarga del motor.

Figura 18. Relé térmico

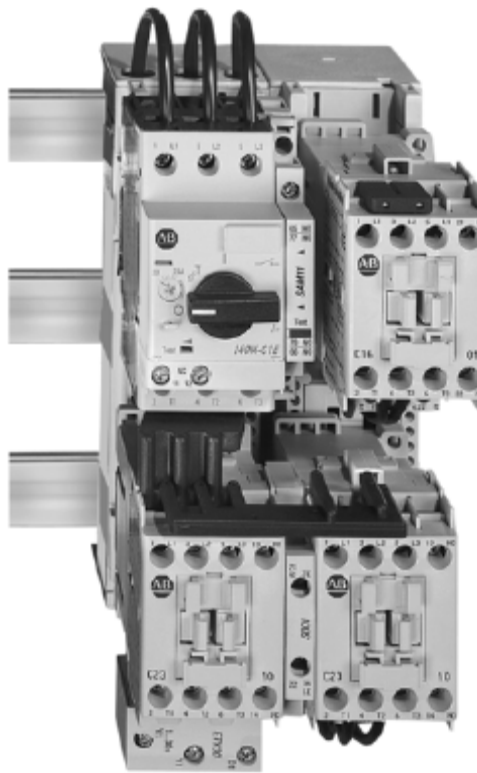


<http://www2.uca.es/grup-invest/ntgc/optimat/rele.htm>

### 2.6.3 Arrancadores

Los arrancadores son necesarios para limitar la corriente de armadura que fluye cuando el motor se conecta. El arrancador se usa para llevar al motor a su velocidad normal y luego se retira del circuito.

Figura 19. Arrancador para motor trifásico



[http://www.ab.com/catalogs/A114\\_ES/Cap06.pdf](http://www.ab.com/catalogs/A114_ES/Cap06.pdf)

## 2.7 SENSORES

Generalmente un sensor es un dispositivo que detecta, o sensa fenómenos físicos como la energía, la velocidad, la aceleración, el tamaño, la cantidad, entre otros.



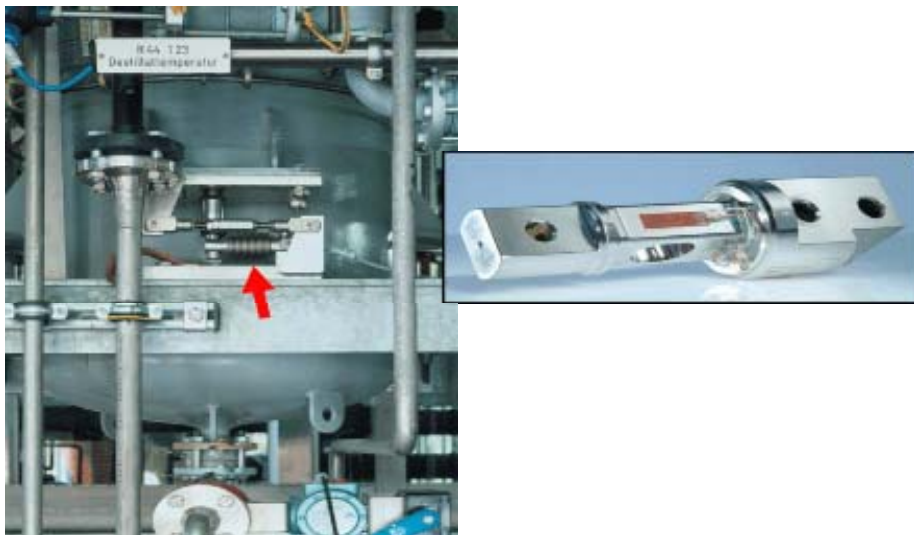
En la industria se pueden encontrar sensores eléctricos o electrónicos. La función principal de un sensor, es transformar una magnitud que se quiera medir, en otra, y de esta forma facilitar su lectura y su medida. La magnitud que indica un sensor, puede ser directa, (como los termómetros de mercurio), o también pueden estar conectados a un indicador, es decir, a través de un convertidor análogo a digital, a un computador o a un display.

A continuación, se mencionan algunos sensores utilizados en este tipo de plantas.

### 2.7.1 Sensor de Deformación

Un sensor de deformación usualmente se puede encontrar en equipos, máquinas o situaciones en las que se quiera medir una fuerza aplicada, la deformación o el peso de un elemento o estructura. Dentro de este tipo de sensores se encuentran las galgas extensiométricas o celdas de carga.

Figura 20. Galga extensiométrica



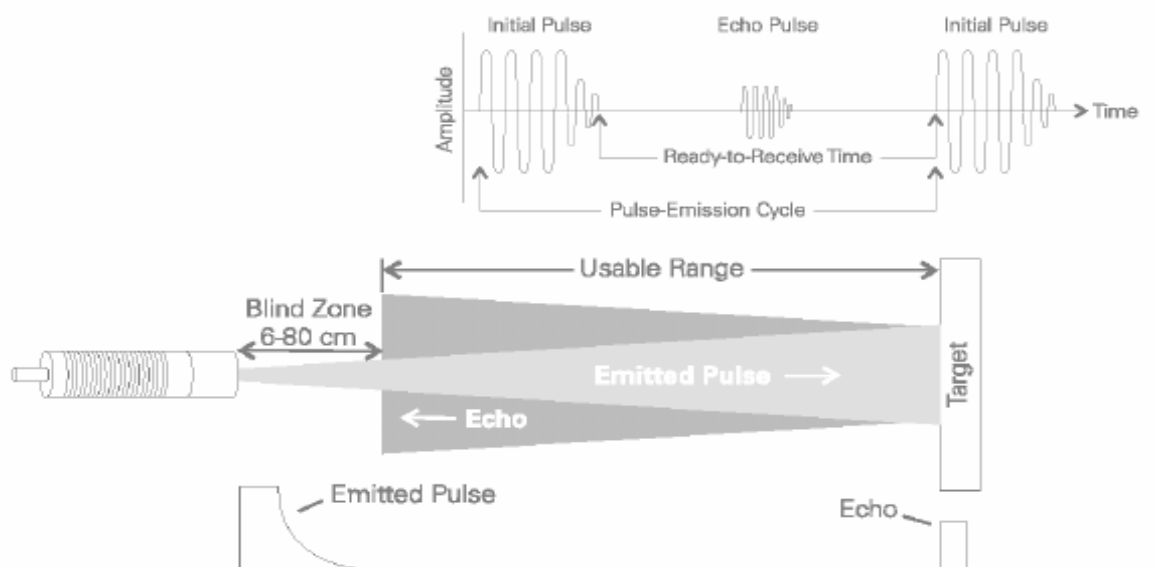
[http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Application\\_WZ.gif](http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:Application_WZ.gif)

“La galga extensiométrica es un dispositivo que aprovecha el efecto piezorresistivo para medir deformaciones. Ante una variación en la estructura del material de la galga se producirá una variación de su resistencia eléctrica<sup>9</sup>.”

### 2.7.2 Sensor Ultrasónico

Este tipo de sensores, emiten sonido en el rango inaudible a cualquier frecuencia. Básicamente un sensor ultrasónico emite cíclicamente un impulso acústico de alta frecuencia y corta duración, el cual se propaga a la velocidad del sonido por el aire y al encontrar un objeto, es reflejado y vuelve un eco al sensor ultrasónico.

Figura 21. Sensor ultrasónico



Autómatas programables ISA-UMH © TDOC-2001. Grupo de Tecnología Industrial.

<sup>9</sup> Alcalde S. Miguel, Pablo. Principios fundamentales de electrónica. Cuarta edición

### 2.7.3 Sensor de Contacto

El sensor de contacto o también conocido como final de carrera, es un dispositivo eléctrico que por lo general está ubicado al final del recorrido de un elemento móvil, con el objeto de enviar señales que puedan modificar el estado de un circuito. En la industria se puede encontrar variedad de ellos, ya que internamente pueden disponer de contactos normalmente abiertos o normalmente cerrados o conmutadores, según la función que desempeñen.

Figura 22. Sensor - final de carrera



[http://www.lovatoelectric.com/images/n\\_fin\\_03.jpg](http://www.lovatoelectric.com/images/n_fin_03.jpg)

Generalmente estos sensores están compuestos por dos partes: un cuerpo donde se encuentran los contactos y una cabeza que detecta el movimiento. Su uso es muy diverso, empleándose, en general, en todas las máquinas que tengan un movimiento rectilíneo de ida y vuelta o sigan una trayectoria fija, es decir, aquellas que realicen una carrera o recorrido fijo.

#### 2.7.4 Sensor Inductivo de Movimiento

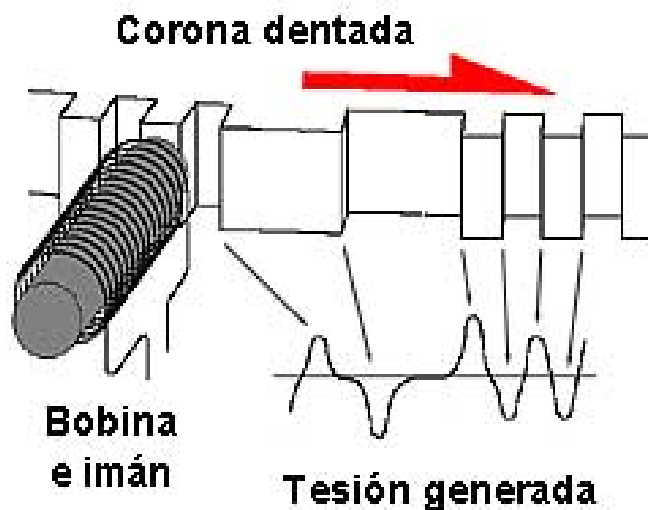
Los sensores inductivos se utilizan para medir velocidades de rotación o detectar la posición angular de un determinado elemento.

El sensor inductivo está formado por:

- Un imán permanente.
- Una bobina envolviendo el imán permanente, y de cuyos extremos se obtiene la tensión.
- Una pieza de material ferromagnético que se coloca en el elemento en movimiento y sirve para detectar su paso cerca del sensor. Esta pieza puede tener varios dientes formando una corona.

El sensor inductivo se basa en la tensión generada en la bobina cuando se la somete a una variación de un campo magnético.

Figura 23. Sensor inductivo de movimiento



<http://www.autocity.com/documentos-tecnicos/index.html?cat=3&codigoDoc=99>

Este se conecta a través de dos cables que son los extremos de la bobina. Si la tensión que debe medirse es muy pequeña se protegen los cables con una malla metálica para evitar interferencias de otros sistemas eléctricos.

## 2.8 AUTÓMATAS PROGRAMABLES

El autómata programable a supuesto un gran paso en la automatización industrial y ha simplificado gran cantidad de tareas de cableado y automatismos clásicos.

Un autómata programable industrial (API) o Programmable logic controller (PLC), es un equipo electrónico, programable en lenguaje no informático, diseñado para controlar en tiempo real y en ambiente de tipo industrial, procesos secuenciales.

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

Poco tiempo atrás, el control de procesos industriales se venia haciendo de forma cableada por medio de contactores y relés. Al operario, que se encontraba a cargo de este tipo de instalaciones, se le exigía tener altos conocimientos técnicos para poder realizarlas y posteriormente hacer el respectivo mantenimiento. Además cualquier variación en el proceso suponía modificar físicamente gran parte de las conexiones de los montajes, siendo necesario para ello un gran esfuerzo técnico y un mayor desembolso económico.

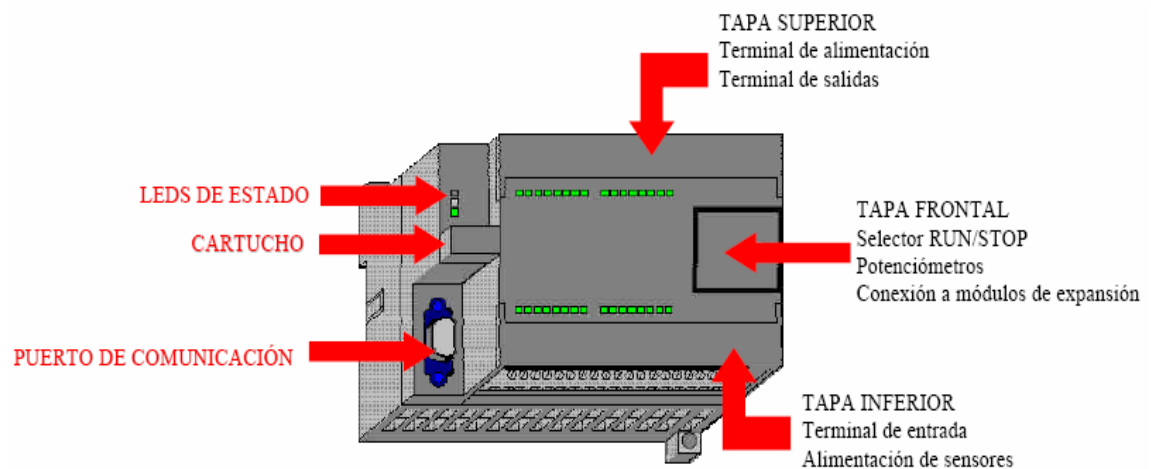
En un autómata programable todas las maniobras de cableado, que se presentan en los automatismos clásicos, son reemplazadas o realizadas por programación, es decir que, mediante una serie de instrucciones se le induce a la máquina para que cierre o abra un contacto, efectúe los retardos que deben presentarse durante algún proceso, entre otras funciones.

Todas las instrucciones que se le hayan programado al dispositivo, son depositadas en una memoria, que es propia del autómata programable, lo que quiere decir que de la misma forma como se le programaron o introdujeron, pueden ser cambiadas por otras en el mismo lugar de instalación, incluso durante el proceso de trabajo, sin necesidad de cambiar los cables que necesariamente deben ir en cualquier sistema de automatización.

### 2.8.1 Función de un Autómata Programable

Un autómata programable ha sido diseñado para desarrollar múltiples funciones como: leer señales de interruptores de posición, pulsadores, detectores de nivel, presostatos, etc., y también para la lectura de señales digitales, así como las analógicas. Además de lo anterior, envía órdenes de mando a los contactos de los motores, válvulas magnéticas, lámparas de señalización, entre otros dispositivos, y por último, contar impulsos, almacenar señales, etc., con solo tenerlo conectado a una red informática para enviar y recibir datos de la red.

Figura 24. Autómata Programable



Autómatas programables ISA-UMH © TDOC-2000.

## 2.8.2 Partes que Componen un Autómata Programable

La estructura de los autómatas programables es diferente de cada modelo y marca. Sin embargo, existe una constante en ellos para su funcionamiento.

### 2.8.2.1 Microprocesador

Este es el que se encarga de dirigir el funcionamiento del autómata programable. Es quien recibe las órdenes del programa, ejecuta el programa y realiza sus funciones.

En otras palabras, es la unidad de procesamiento, es el cerebro del PLC y se encarga de organizar todas las actividades de control recibiendo las señales, tomando las decisiones lógicas según el programa y controlando las salidas.

### 2.8.2.2 Memoria

La memoria, es el lugar donde reside el programa. El programa irá leyéndose de la memoria, instrucción a instrucción, a medida que se ejecute. Esta, es la que indica al microprocesador que eventos deben tener lugar y la secuencia en que deben ocurrir.

### 2.8.2.3 Entradas / Salidas

Son las conexiones para comunicarse con el exterior, recibir las señales externas para procesar o activar las salidas en función del proceso del programa. Las entradas son señales que provienen de sensores o interruptores de control. Y las

salidas son señales que arrancan motores o inician procesos que están siendo controladas por el autómata programable.

#### 2.8.2.4 Fuente de Alimentación

Como su nombre lo indica, es la encargada de dar alimentación a todo el conjunto, es decir, es la que hace que el autómata programable empiece a funcionar y por ende, a ejecutar el programa que se le ha cargado. Es la que proporciona los niveles de voltaje necesarios para la operación interna del PLC.



### 3. ESTUDIO DE CAMPO

El estudio de campo consistió en hacer visitas en las instalaciones de algunas de las plantas fijas y plantas móviles de producción de asfalto (algunas de las plantas visitadas, utilizan en sus procesos tecnología de punta, lo cual dio ideas para el desarrollo de este proyecto). La producción de mezcla en vía, también formó parte de este estudio, al igual que la información que se encontró en Internet. De este modo se pudo determinar cuales serian los elementos que harían parte de la metodología automatización y control en los procesos de dosificación, mezcla y carga en una planta de asfalto, así como la forma de obtener mezcla asfáltica con las características requeridas y demandadas por los usuarios de mallas viales y carreteras pavimentadas. Todas las visitas se efectuaron dentro del departamento de Cundinamarca.

La investigación en documentos que se relacionaran con el tema (libros, tesis, páginas web), levantamiento de planos eléctricos, electrónicos, neumáticos e hidráulicos de las instalaciones de una planta, consultas y entrevistas a personal encargado (operarios e ingenieros) de los procesos que menciona el proyecto, también hicieron parte de la etapa de estudio de campo.

En el estudio que se realizó, se pudo encontrar que la elaboración de mezcla asfáltica en la vía es un procedimiento ampliamente conocido y practicado, que sin lugar a dudas representa un medio para trabajar en zonas aisladas o en aquellos proyectos que por su magnitud o pequeña envergadura, no necesitan la instalación de una planta de asfalto.

En el proceso de mezcla en vía, se hace necesario el empleo de moto-niveladora para el mezclado de los elementos pétreos y un carro-tanque irrigador, para la

dosificación del asfalto líquido. Este proceso es preciso hacerlo en tramos que no superen los 100 metros de longitud, con el fin de llevar un mejor control en dicho proceso. En el desarrollo es conveniente que se controle el volumen de agregado y los sucesivos riegos de Asfalto.

Sin embargo, al hacer este proceso en tramos que no superen los 100 metros, no dejan de presentarse errores, ya que el proceso es bastante inexacto. En este tipo de proceso es fácil encontrar errores en los porcentajes y distribución de los agregados pétreos, puesto que se deja de un lado el control que se debería tener en las porciones estandarizadas. Otro error que se presenta, es en la dosificación del asfalto líquido, ya que al utilizar carro-tanque irrigador, es un poco difícil controlar el porcentaje correcto para la mezcla.

Figura 25. Mezcla en vía



[www.asopac.com](http://www.asopac.com)

En Colombia, Ecomezclas S.A, cuenta con una planta de asfalto ASTEC, con tambor secador Double Barrel, único capaz de efectuar el mezclado secuencial de todos los elementos que conforman el aglomerado asfáltico. Esta planta es portátil

y ofrece en el área de mezcla asfáltica alta productividad y calidad de los productos; cumpliendo con los más estrictos códigos ambientales y de seguridad.

Figura 26. Planta de asfalto ASTEC, con tambor secador Double Barrel



[www.temac.es/temac/content](http://www.temac.es/temac/content)

Cuenta con la unidad controladora automatizada PM96, que almacena hasta 80 fórmulas de mezcla con tiempos separados de inicio a fin. Junto con diagramas, muestrea pesos e inventario cambiante (cantidad de agregados, soluciones y reciclaje).

Además, cuenta con la opción de poder controlarla remotamente en operaciones continuas que demandan operaciones 7X24 (siete días a la semana, 24 horas al día) o en la inspección rutinaria de control.

Otra de las plantas domiciliadas en Cundinamarca, de la que se obtuvo información relevante para el desarrollo de este proyecto fue Concescol S.A, ya que los equipos de tecnología avanzada tales como penetrómetros, tamizadoras,

equipos de control de temperatura, equipos de compactación, anillo y prensa Marshall, hornos, balanzas, máquinas de corte directo para determinar granulometrías, estabilidades y flujos de las mezclas asfálticas, centrífugas para determinar el contenido de asfalto y diversos equipos para determinar gravedades específicas y equivalentes de arena, fueron tomadas en cuenta para el diseño de la metodología de automatización y control de los procesos de dosificación y mezcla para la elaboración de mezcla asfáltica.

#### 4. DESCRIPCIÓN DE LOS COMPONENTES QUE ELABORAN LA MEZCLA ASFÁLTICA

El proceso está compuesto por los sistemas: Mecánico, Neumático e Hidráulico y Eléctrico – Electrónico, y estos a su vez por subsistemas.

Para determinar los sistemas y subsistemas se toma como referencia la planta de asfalto el Zuque (de la alcaldía mayor de Bogotá). Todas las características, capacidad de trabajo y dimensiones han sido cedidas por el personal administrativo de dicha planta.

##### 4.1 SISTEMA MECÁNICO

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.

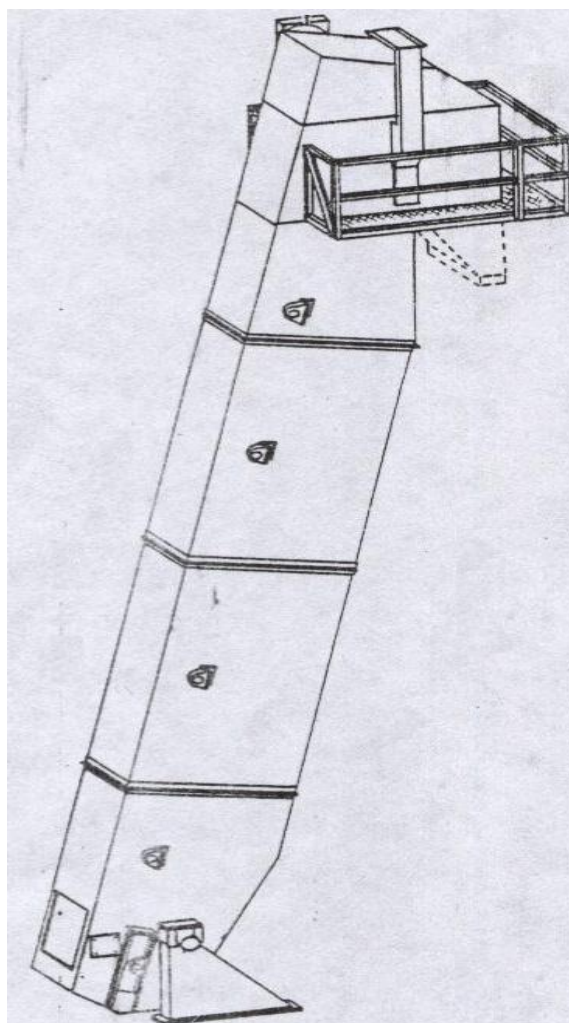
###### 4.1.1 Elevador de Cangilones

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 toneladas/hora.

Figura 27. Diseño del elevador de Cangilones



Planta de asfalto el Zuque

En la Tabla 1., se presentan las características básicas y dimensiones del elevador.

Tabla 1. Características básicas del elevador de cangilones

Descripción	Características	Cantidad
Cuerpo del Elevador	Caja de 2.10m X 0.60m X 14.00m en lámina de HR 1/4"	1
Piñón de la cadena del elevador	Piñón de 28 dientes de $\Phi 25"$	1
Eje de cabeza del elevador	eje de $\Phi 3"$ X 1.10m en 1045	1
Juego de canjilones del elevador	Canjilones de acero de 0.46m x 0.25m x 0.19m	46
Cadena del elevador	Cadena de 3" de paso, en 3/8", L = 30.00m	1
Motor eléctrico	Motor Siemens de 18 H.P. de 1760 RPM con eje de 1 5/8"	1
Polea Motor	Polea $\Phi 6"$ de 2 canales tipo A	1
Reductor	Reductor pendular Dodge 1533 TXT6 con eje $\Phi 2 1/4"$	1
Polea Reductor	Polea $\Phi 14"$ de 2 canales tipo A	1

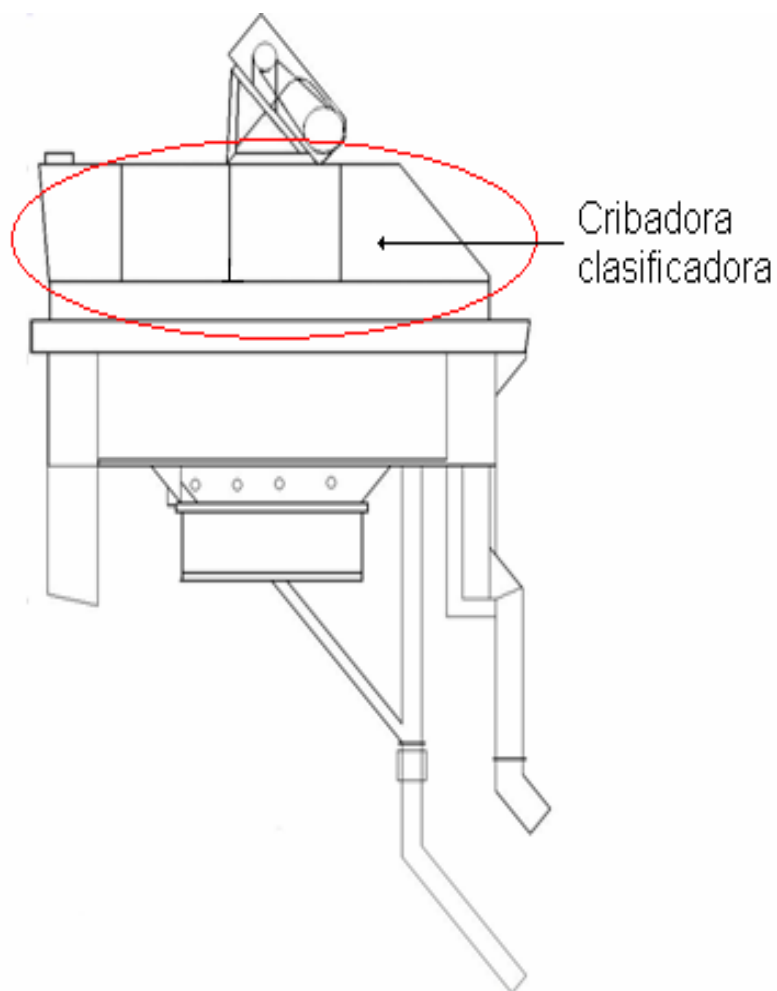
\* La información completa del diseño del elevador se encuentra en el Anexo 2.

#### 4.1.2 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.

Figura 28. Diseño de la criba clasificadora



Planta de asfalto el Zuque

En la Tabla 2., se presentan las características básicas y dimensiones de la criba.



Tabla 2. Características básicas de la cribadora

Descripción	Características	Cantidad
Cuerpo de la criba	Criba de 1.20m X 1.50m X 3.60m en láminas de 1/4"	1
	Ángulos de 3" X 1/4" X 1.40m	4
	Ángulos de 3" X 1/4" X 1.50m	4
Pasarela de la criba	Láminas alfajor cal 16 de 2.60m X 3.00m	1
	Lámina alfajor cal 16 de 0.80m X 6.10m	2
	Cuadrado de 1 1/2" X 8.30m	4
	Cuadrado de 1/2" X 1.07m	16
	Cuadrado de 1 1/2" X 2.60m	4
Motor de la criba	Motor Siemens de 24 H.P. de 1760 RPM con eje de $\Phi$ 1 5/8"	1
Polea del motor de la criba	Polea de $\Phi$ 9 1/4" de 3 canales tipo C	1
Polea de la unidad de vibración	Polea $\Phi$ 18" de 3 canales tipo C	1
Unidad de vibración		
Piñones de la unidad de vibración	Piñones de 72 dientes $\Phi$ 15", distancia entre ejes 14 13/16", ancho 2", Manzana 4", $\Phi$ hueco 3 1/2"	2
Eje motriz de la unidad de vibración	Eje $\Phi$ 3 1/2" X 1.35m en acero 1045 con pesa excéntrica	1
Eje de arrastre de la unidad de vibración	Eje de 3 1/2" X 1.35m en acero 1045 con pesa excéntrica	1

Mallas clasificadoras	Malla 0.90m X 1.00m X 0.008m (3/8")	1
	Malla 0.90m X 2.06m X 1 1/4"	1
	Malla 0.90m X 3.06m X 0.019m (3/4")	1
	Malla 0.90m X 3.06m X 1/2"	1
Malla con hueco de 1"	Malla 0.90m X 3.36m X 0.0254m	1

\* La información completa del diseño de la criba se encuentra en el Anexo 3.

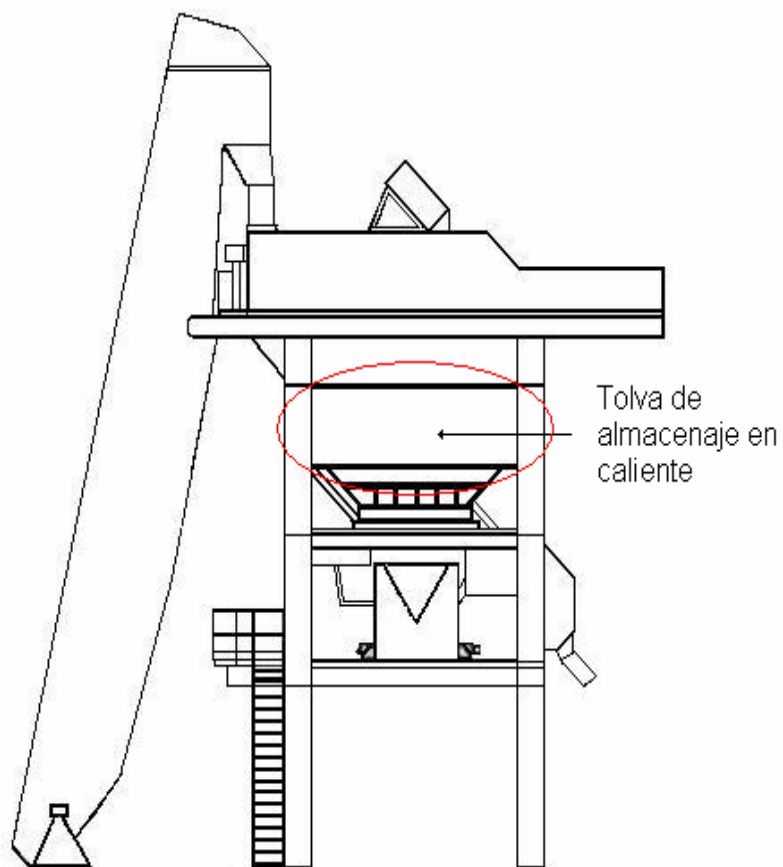
#### 4.1.3 Tolvas de Almacenaje en Caliente

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 m<sup>3</sup>.

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.

Figura 29. Tolvas de almacenaje en caliente



Planta de asfalto el Zuque

En la Tabla 3., se presenta las características básicas y dimensiones de las tolvas.

Tabla 3. Características básicas de las tolvas de almacenaje en caliente

Descripción	Características	Cantidad
<b>Tolvas Separadoras</b>	Tolvas internas dentro de una tolva general	4
Estructura lateral de las tolvas	Láminas de 1.45m X 4.40m en HR 1/4"	2

Estructuras frontales de las tolva superior	Láminas de 1.45m X 1.80m en HR 1/4"	2
	Láminas de 1.40 X 5.50m X 1.50m en HR 1/4"	2
Chumaceras de los ejes de las compuertas	Chumaceras de flanche de 2 1/2"	8
Ducto de rechazo del sobretamaño	Ducto de 6" X 8" X 5.80m en HR 1/4"	1
Ducto de rechazo de la tolva N 1	Ducto de 8" X 10" X 12.00m HR 1/4"	1
Ducto de rechazo de la tolva N 2	Ducto de 0.30m X 0.30m X 8.00m en lámina HR de 1/4"	1
Ejes de accionamiento de las compuertas	Ejes de 2 1/2"	4
Brazos de accionamiento de las compuertas de las tolvas	Brazos de diseño especial de 0.50m	4
Compuertas	Compuertas en lámina en U de 5/16"	4
Gatos de las compuertas de las tolvas dosificadoras	Botellas neumáticas de $\Phi$ 5" X 13"	4

\* Para mayor información de las características de las tolvas de almacenaje en caliente, diríjase al Anexo 4.

#### 4.1.4 Básculas de Pesaje: Agregados y Asfalto Líquido

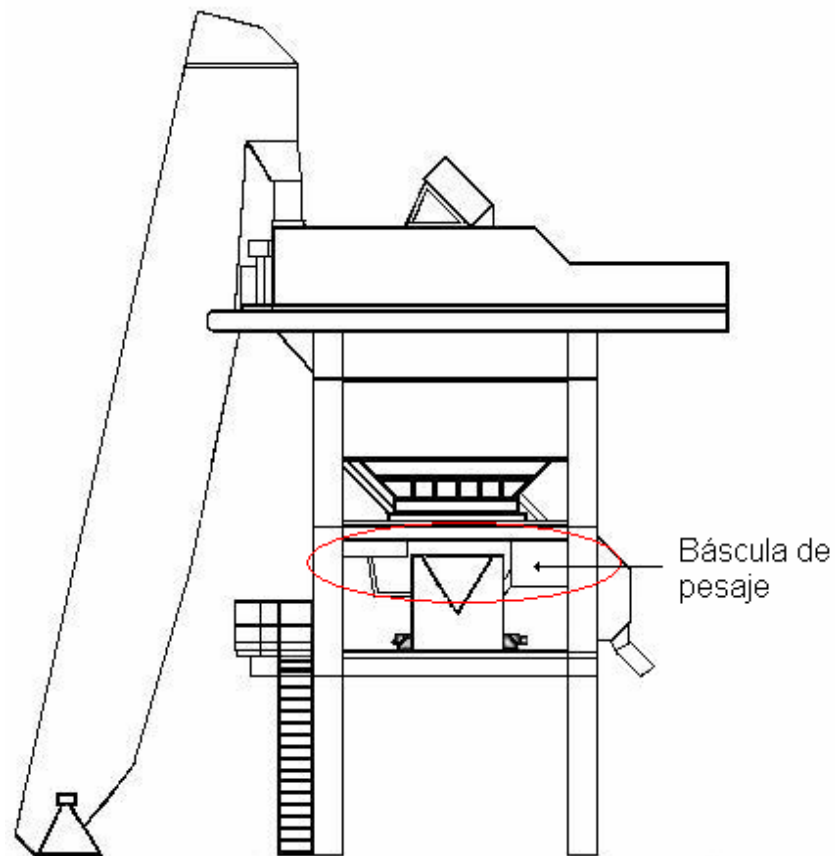
La báscula, dentro de la elaboración de mezcla asfáltica es importante, ya que esta nos indica los valores del peso o porcentaje correspondiente de cada uno de

los agregados pétreos y asfalto líquido que deben mezclarse para obtener un producto homogéneo.

La capacidad de la báscula para pesar los materiales pétreos es de 5 Toneladas y la del asfalto es de 1 Tonelada.

En la parte inferior de cada báscula, está ubicado un cilindro neumático de doble efecto, que hace la apertura de la compuerta para el flujo de material.

Figura 30. Básculas de pesaje para agregados pétreos y asfalto líquido



Planta de asfalto el Zuque

En la Tabla 4., se presenta características básicas de las básculas de pesaje para agregados pétreos y asfalto líquido.

Tabla 4. Características básicas de las básculas de pesaje

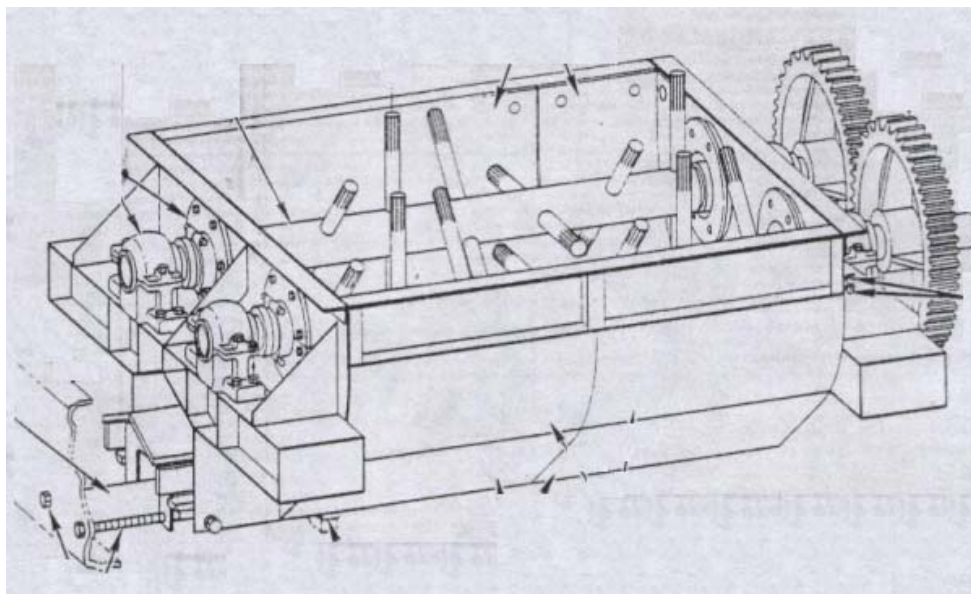
Descripción	Características	Cantidad
Recipiente de pesaje de agregados.	Caja de 1.35m X 1.65m X 1.35m en lámina HR de 1/4"	1
Recipiente de pesaje para asfalto.	Caja de 0.73m X 1.10m X 0.80m en lámina de 1/4", enchaquetado.	1
Gatos de las compuertas de las básculas.	Botellas neumáticas de $\Phi$ 2" X 8"	2

\* Para mayor información sobre las básculas de pesaje, diríjase al Anexo 5.

#### 4.1.5 Mezcladora

La mezcladora tiene una capacidad de  $2.2\text{m}^3$ . 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 31. Mezcladora para la elaboración de mezcla asfáltica



Planta de asfalto el Zuque

En la tabla 5., se presenta las características básicas de la mezcladora.

Tabla 5. Características básicas de la mezcladora

Descripción	Características	Cantidad
Cuerpo del mezclador	Lámina de 1.67m X 1.35m en HR de 1/4"	2
	Canal de 16" X 1.50m	2
	Lámina de 1.25m X 1.35m en HR de 1/4"	2
	Lámina de 2.75m X 0.35m en HR de 1/4"	2
	Lámina de 0.60m X 0.70m en HR en	2

	1/4"	
	Ángulo de 3" X 1/4" X 1.78m	2
Caja del mezclador	Caja de 1.70m X 1.25m X 1.00m en lámina de 1/4" con 2 chaquetas de aceite térmico	1
Motor del mezclador	Motor Siemens de 60 H.P. de 1775 RPM con eje de $\Phi$ 2 1/4"	1
Reductor del mezclador	Reductor DRESSER para velocidad de entrada de 1750 RPM y relación de 1:17.1 con eje de salida de 2 1/4"	1
Gato de la compuerta del mezclador.	Botella neumática de $\Phi$ 6" X 0.80m	1

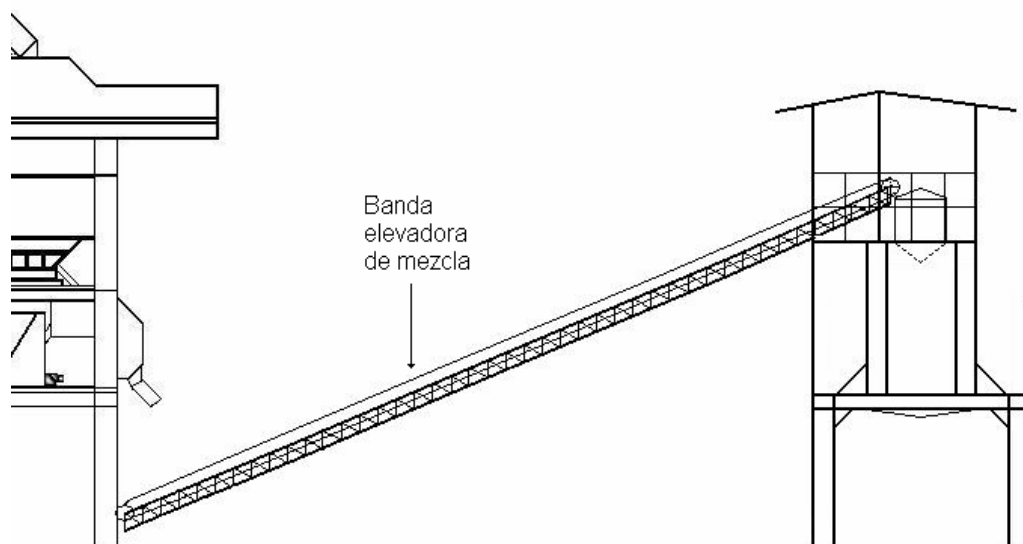
\* Para mayor información sobre la mezcladora, diríjase al Anexo 6.

#### 4.1.6 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 32. Banda elevadora de mezcla



Planta de asfalto el Zuque

En la tabla 6., se presentan algunas de las características básicas de la banda elevadora de mezcla.

Tabla 6. Características básicas de la banda elevadora de mezcla

Descripción	Características	Cantidad
Chasis de la banda Elevadora	Sercha en diferentes ángulos de 1 1/2" X 1/4" y 1 1/2" X 3/16" en dimensiones transversales de 0.90m X 0.60m	25.00m

Motor Eléctrico de la banda	Motor General Electric de 15 HP 1750 RPM con eje de 1 1/2"	1
Acople del motor con el eje cardan	Acople de estrella de 1 1/2" con alma de teflón	1
Reductor de la banda en caliente	Reductor pendular Dodge TDT 5 con eje de $\Phi$ 2"	1
Banda de caucho para transportar la mezcla	Banda de caucho de 3 lonas de 23" X 50.00m unida con grapas	1

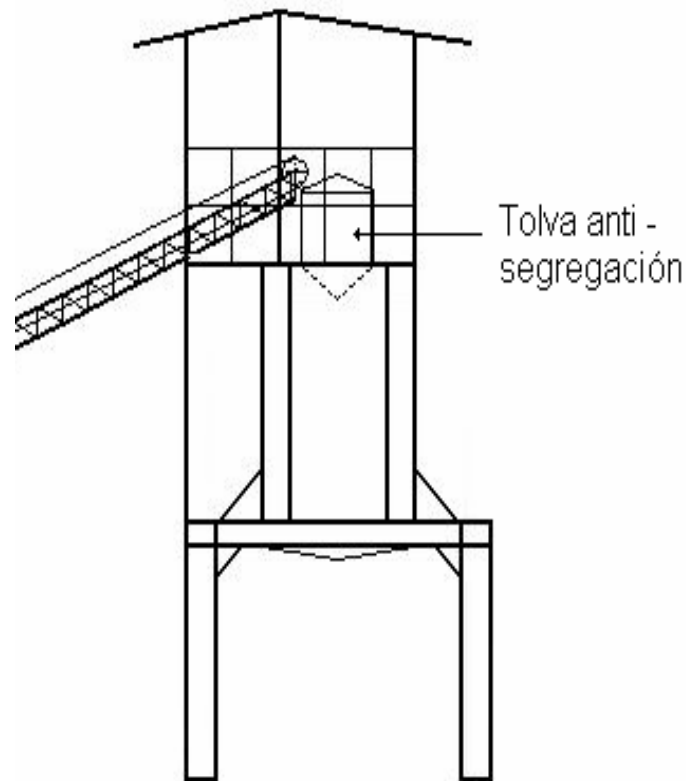
\* Para mayor información sobre la banda elevadora, diríjase al Anexo 7.

#### 4.1.7 Tolva Anti - Segregación y Silo de Almacenaje

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 formula de la mezcla especificada.

La tolva anti-segregación tiene una capacidad de  $0.75\text{m}^3$ .

Figura 33. Tolva anti - segregación



Planta de asfalto el Zuque

En la parte inferior de esta tolva, está ubicado un cilindro neumático de doble efecto, que hace la apertura de la compuerta para el flujo de mezcla asfáltica.

El silo de almacenaje es el lugar donde se deposita y guarda la mezcla asfáltica para luego ser descargada en los camiones que la llevaran al lugar donde se necesite.

Esta tolva tiene una capacidad de  $19.5 \text{ m}^3$

Figura 34. Silo de almacenaje para mezcla asfáltica



Fuente propia

En la parte inferior del silo de almacenaje, están ubicados dos cilindros neumáticos de doble efecto, que hace la apertura de las compuertas para el flujo de mezcla asfáltica hacia los camiones de carga.

En la siguiente tabla se muestran algunas de las características básicas del silo de almacenaje.

Tabla 7. Características básicas del silo de almacenaje

Descripción	Características	Cantidad
Recipiente de almacenaje del silo.	Cilindro $\Phi$ 2.60m X 3.70m de altura en la lámina HR	

	de ¼".recubierto de fibra de vidrio y la lámina de calibre 18	1
Gatos de de descargue a volqueta.	Cilindros neumáticos de $\Phi$ 6" X 18"	2
Compuertas de salida del silo.	Canal en lámina en U de 5/16" de 1.00m X 0.30m	2
Tolva anti – segregación.	Cajón de 1.10m X 1.10 X 0.60m en lámina HR de ¼"	1
Compuerta de salida de tolva anti – segregación.	Compuerta arqueada de 1.40m X 0.40m en lámina HR de ¼".	1
Gato de descargue de la tolva anti – segregación al silo.	Cilindros neumáticos de $\Phi$ 6" X 13"	1

\* Para mayor información sobre el silo de almacenaje, diríjase al Anexo 8.

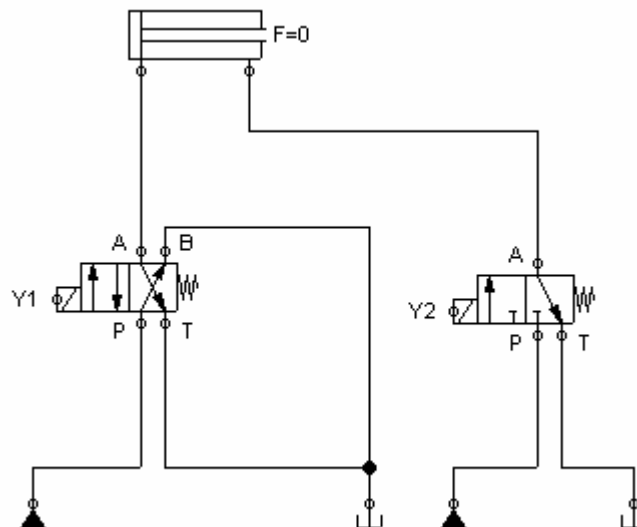
## 4.2 SISTEMA HIDRÁULICO Y NEUMÁTICO

### 4.2.1 Hidráulico

Cuando se habla del sistema hidráulico en una planta de asfalto, se hace referencia a los ductos por donde se desplaza el asfalto líquido hasta llegar a la báscula de pesaje para luego ser mezclado con los agregados pétreos. El flujo de

asfalto líquido es generado por una bomba de inyección y el paso se controla por medio de válvulas.

Figura 35. Representación del sistema hidráulico



La siguiente tabla muestra las características de la línea de asfalto.

Tabla 8. Características de la línea de asfalto

Descripción	Características	Cantidad
Tanque de Asfalto 1	Tanque de $\Phi$ 2.30m X 9.10m en lámina HR de 1/4", recubierto con fibra de vidrio de 2" y lámina calibre 18	1

Tanque de Asfalto 2	Tanque de $\Phi$ 2.30m X 9.10m en lámina HR de 3/16", recubierto con fibra de vidrio de 1 1/2" y lámina HR cal. 18	1
Válvulas de salida del asfalto de cada tanque	Válvulas de palanca de 4", flanchadas	2
Tubería de inyección del asfalto	Tubería de acero $\Phi$ 4", enchaquetada	25.00m
	Manguera de acero, enchaquetada, de $\Phi$ 6" X 1.50m, con conexiones de flanche	1
Botella Paso de Asfalto	Botella neumática de $\Phi$ 3" X 13"	
Válvula de 3 vías del asfalto	Válvula de 3 vías de $\Phi$ 4", enchaquetada, operada por palanca movida por botella neumática	1
Gato de la válvula de 3 vías	Botella neumática de $\Phi$ 3" X 14"	1
Botella de descargue al mezclador	Botella neumática de 2" X 9"	1
Bomba de inyección de asfalto al mezclador	Bomba VIKING M32V de 4", enchaquetada, con eje de $\Phi$ 1 5/8"	1
Motor de la bomba de	Motor BALDOR de 7.5	1

inyección de asfalto	H.P. a 1160 RPM con eje de 1 1/2"	
Bomba de descargue de asfalto a los tanques	Bomba VIKING L32V de Φ 2", enchaquetada, con eje de 1 1/2"	1
Motor de la bomba de descargue de asfalto	Motor SIEMENS de 5 H.P. a 1800 RPM, con eje de 1 5/8"	1
Tubería de descargue de asfalto	Tubería de acero de 2" calibre 40, enchaquetada en tubería de 3"	6.70m
Recipiente de descargue de asfalto	Recipiente de 0.50m X 0.50m X 0.50m en lámina HR de 3/16" con tapa	1

\* Para mayor información sobre la línea de asfalto, diríjase al Anexo 9.

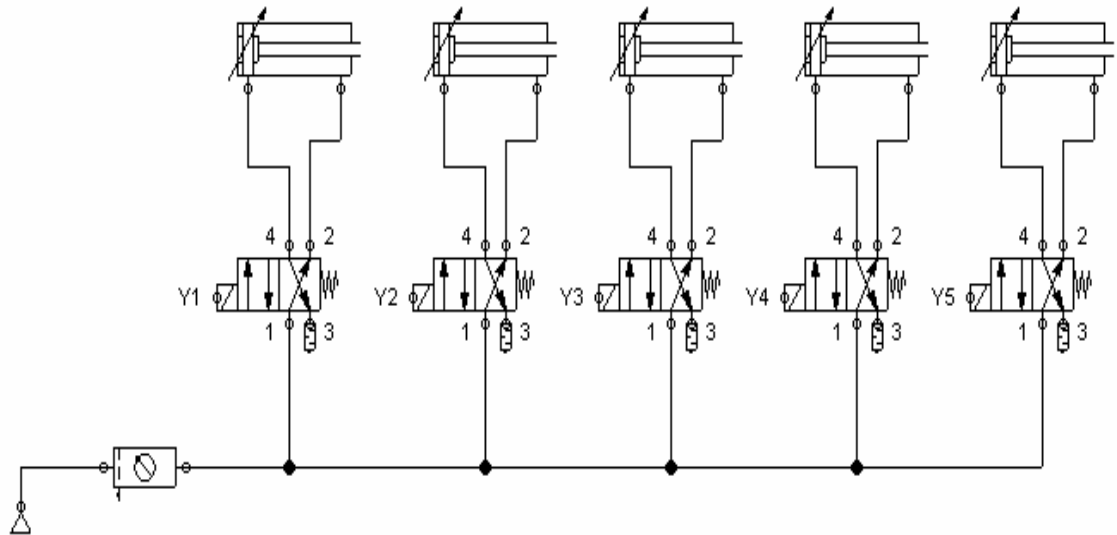
#### 4.2.2 Neumático

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.



En la figura 36, se presenta el diagrama de algunos dispositivos neumáticos. Todos los dispositivos tienen la misma función.

Figura 36. Representación del sistema neumático



La siguiente tabla muestra las características de la línea de aire comprimido.

Tabla 9. Características de la línea de aire comprimido

Descripción	Características	Cantidad
Compresores	Compresores DEO 395 - 1 de 200 PSI con ejes de $\Phi$ 1 3/4"	2
Motores de los	Motores G. E. de 10HP	2

compresores	de 1740 RPM con ejes de $\Phi$ 1 1/4"	
Registros	Registros de cortina de 1"	2
Registros de drenaje	Registros de drenaje de 1/2"	2
válvulas de seguridad	Válvulas de seguridad de 3/4"	2
Manómetros	Manómetros de 0 a 300 PSI NPT 1/4"	2
	Manómetros de 0 a 60 PSI NPT 1/4"	2
Poleas de los cabezotes	Poleas de $\Phi$ 20" de 3 canales tipo B	2
Poleas de los motores	Poleas de $\Phi$ 9" de 3 canales tipo B	2
Correas	Correas de 98" tipo B	6
Manguera de aire	Manguera de caucho reforzado para aire de $\Phi$ 3/4"	60.00m
Válvulas de paso	Válvulas de bola de 3/8"	4
Tees de repartición	Tee de 3/8" HG	10
Registro de paso	Registro de 3/4"	1
Regulador de aire	Unidad de regulación de presión con filtro y drenaje y con manómetro de 0 a 150 PSI	1

Válvulas de control	Electroválvulas de control para mandos desde la consola en la cabina	10
Pulsadores para abrir y cerrar compuertas y/o válvulas de desvío		10

\* Para mayor información sobre la línea de aire comprimido, diríjase al Anexo 10.

### 4.3 SISTEMA ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

#### 4.3.1 Eléctrico

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.

En cada tipo de arranque, se ilustra el plano para la conexión con el PLC y la conexión cuando se requiera trabajar de forma manual.

#### 4.3.1.1 Arrancador Directo

- Arranque directo de forma manual

El arranque directo de los motores de forma manual se hace por medio del operario. Es decir, el operario es quien pone en funcionamiento los motores de los procesos que intervienen en la elaboración de mezcla asfáltica.

\* Para ver el plano del arranque directo de forma manual, diríjase al Plano 1

- Arranque Directo de Forma Automática

El arranque directo de los motores de forma automática se hace por medio de un controlador lógico programable (PLC). Al PLC este se le carga un programa que pone en funcionamiento los motores de los procesos que intervienen en la elaboración de mezcla asfáltica.

\* Para ver el plano del arranque directo de forma automática, diríjase al Plano 2

#### 4.3.1.2 Arrancador estrella - triangulo

- Arranque Estrella – Triangulo de Forma Manual

El arranque estrella – triangulo de forma manual, se hace por medio del operario.

\* Para ver el plano del arranque estrella – triangulo de forma manual, diríjase al Plano 3

- Arranque Estrella – Triangulo de Forma Automática

El arranque estrella – triangulo de forma automática, se hace por medio del controlador lógico programable (PLC).

\* Para ver el plano del arranque estrella – triangulo de forma manual automática, diríjase al Plano 4

#### 4.3.1.3 Conexión Completa de la Planta

En la conexión completa de la planta se ven todos los elementos eléctricos que se utilizan para los diferentes procesos de elaboración de mezcla asfáltica.

\* Para ver el plano del tablero de la planta de asfalto el Zuque, diríjase al Plano 5

#### 4.3.2 Electrónico

El sistema electrónico en la planta de asfalto, es el que transporta las señales correspondientes de cada uno de los dispositivos electrónicos que intervienen en la planta. Estas señales son recibidas y enviadas por el PLC para el control de los procesos. El plano general de las conexiones de los dispositivos que envían las señales al PLC, se puede ver en el Plano 6.

#### 4.3.2.1 Control Automático / Manual

El control automático / manual, es la opción que tiene el usuario para poner en funcionamiento los procesos de la planta. En automático, el PLC es quien gobierna los procesos, y en manual, el usuario activa parcialmente cada uno de ellos.

\* Para ver el plano automático / manual de la planta de asfalto el Zuque, diríjase al Plano 7.

## 5. DESARROLLO DEL PROYECTO

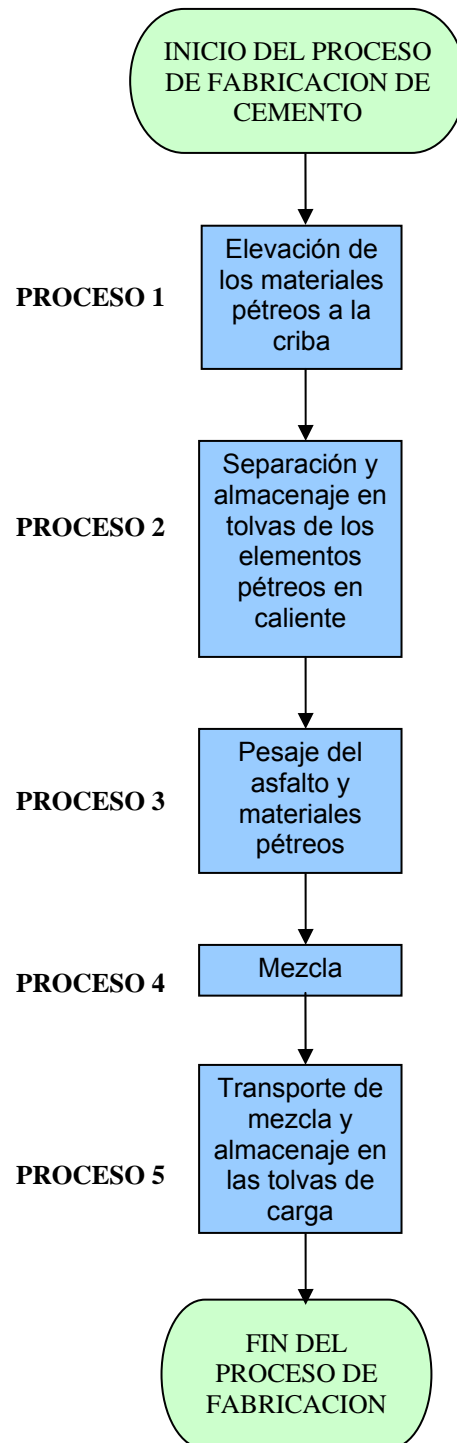
Para el desarrollo del proyecto, fue necesario un levantamiento de información que estuviera relacionada con el funcionamiento de los procesos de dosificación, mezcla y carga dentro de una planta de asfalto, y conocer detalles de las instalaciones de la misma. De esta manera se ha podido proponer la metodología de automatización y control, planteando un mejoramiento a los procesos anteriormente mencionados, minimizando errores en el producto final.

### 5.1 PROCESOS DE FABRICACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA

Para realizar los procesos de dosificación, mezcla y carga, es necesario en primera instancia, que los agregados pétreos en frío sean llevados a las tolvas de alimentación por medio de un cargador frontal. Una vez almacenados, se dosifican y transportan por medio de bandas que los llevan al tambor secador, en el que se mezclan, secan y calientan a la temperatura requerida (160° C). Teniendo los agregados pétreos secos y a temperatura ideal, se puede dar comienzo a la fabricación de la mezcla asfáltica.

En la metodología de automatización y control, se identifican los siguientes procesos: (1) elevación de los materiales pétreos, (2) separación y almacenaje de los elementos pétreos en caliente, (3) pesaje del asfalto y materiales pétreos, (4) mezcla, (5) transporte y almacenaje en las tolvas de carga.

Figura 37. Flujo grama de los procesos de dosificación, mezcla y carga





## 5.2 DESCRIPCIÓN DE LOS PROCESOS DE FABRICACIÓN DE MEZCLA

- 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.

\* El sistema de control para el porcentaje de los agregados pétreos y asfalto líquido, se encuentran en el numeral 5.2.1

- 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.

#### 5.2.1 Control para el Porcentaje de los Agregados Pétreos y Asfalto Líquido

Es necesario implementar una metodología para el control de los porcentajes de materiales (agregados pétreos y asfalto líquido).

Para el control, se modela el proceso de dosificación a través de ecuaciones diferenciales. Este proceso se aproxima al comportamiento de un sistema para controlar caudal.

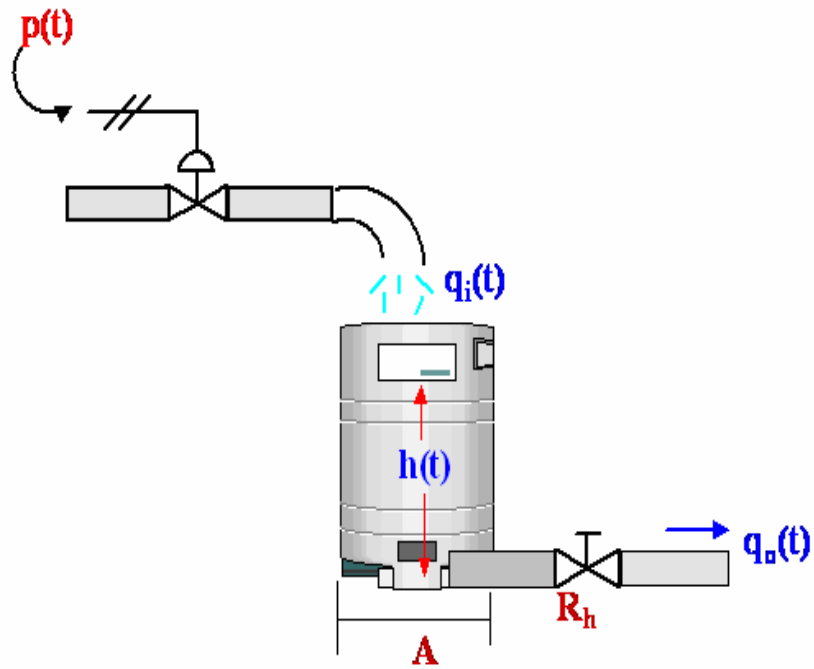
##### 5.2.1.1 Modelamiento del Sistema Dinámico Utilizando Ecuaciones Diferenciales Ordinarias

Para obtener una ecuación diferencial podemos utilizar:

- Leyes físicas: que de acuerdo a la naturaleza del sistema, rigen la relación causal entre las variables de interés.
- Pruebas experimentales (análisis de la respuesta transitoria del sistema).
- Por analogías de comportamientos entre sistemas que guardan un comportamiento similar, a pesar de ser de naturaleza diferente.

- Aplicación de algoritmos y recursos computacionales para procesar los datos obtenidos de pruebas experimentales.

Figura 38. Sistema dinámico para controlar caudal



Donde:

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

$q_i(t)$  = Caudal de entrada

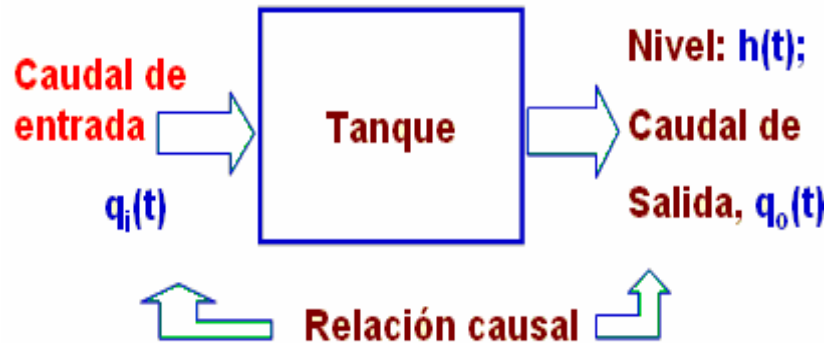
$q_o(t)$  = Caudal de salida

$h(t)$  = Altura del tanque

$A$  = Área del tanque

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

Figura 39. Esquema del sistema físico del llenado de un tanque



Del análisis de la ecuación diferencial de primer orden se obtiene:

$$\text{Acumulación} = \text{Caudal de entrada} - \text{Caudal de salida}$$

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

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:

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

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

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

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

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.

Con los valores de  $A$  y  $R$ , se realiza la simulación en Matlab-Simulink.

#### 5.2.1.2 Simulación del Sistema Utilizando la Herramienta MATLAB

Se tiene la función de transferencia del caudal de salida de la tolva en sistema continuo, es decir, en el dominio  $S$ .

$$\frac{H(s)}{Q(s)} = \frac{R}{RA * s + 1} \quad \Rightarrow \quad \frac{H(s)}{Q(s)} = \frac{2.82}{0.4512s + 1}$$

Se obtiene la grafica de la respuesta de la planta con una perturbación de escalón unitario y la grafica de la respuesta de la planta con una perturbación de impulso unitario.

Figura 40. Gráfica de la respuesta de la planta con perturbación de escalón unitario

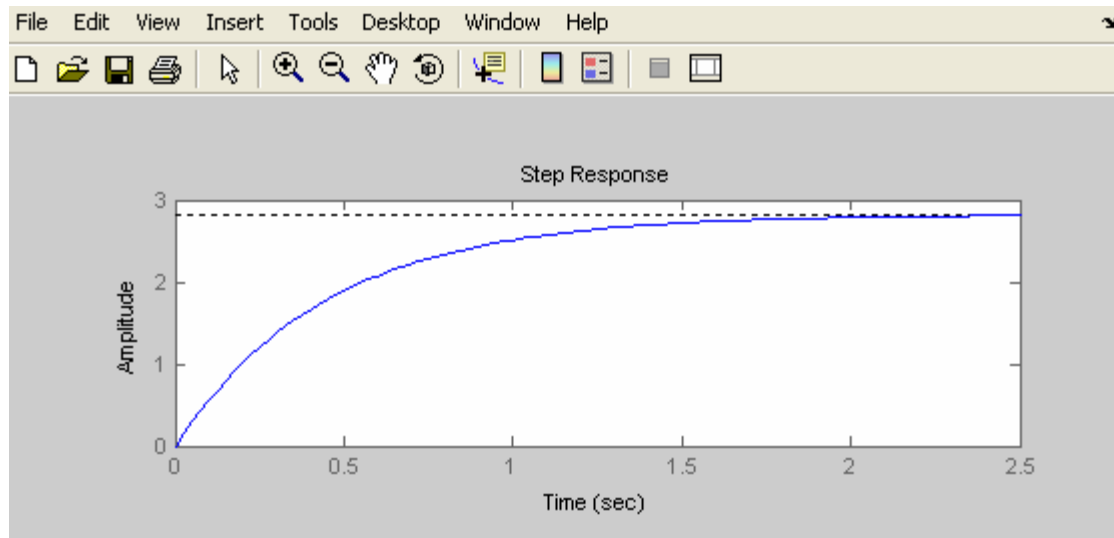
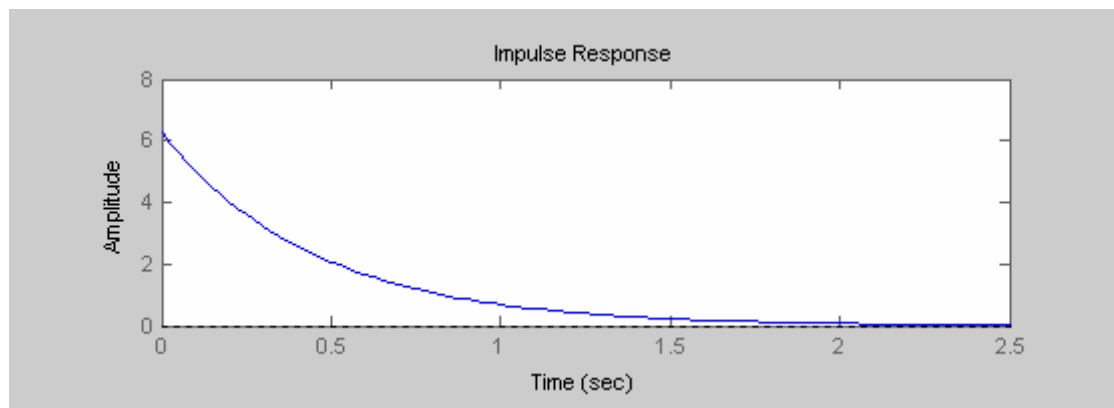


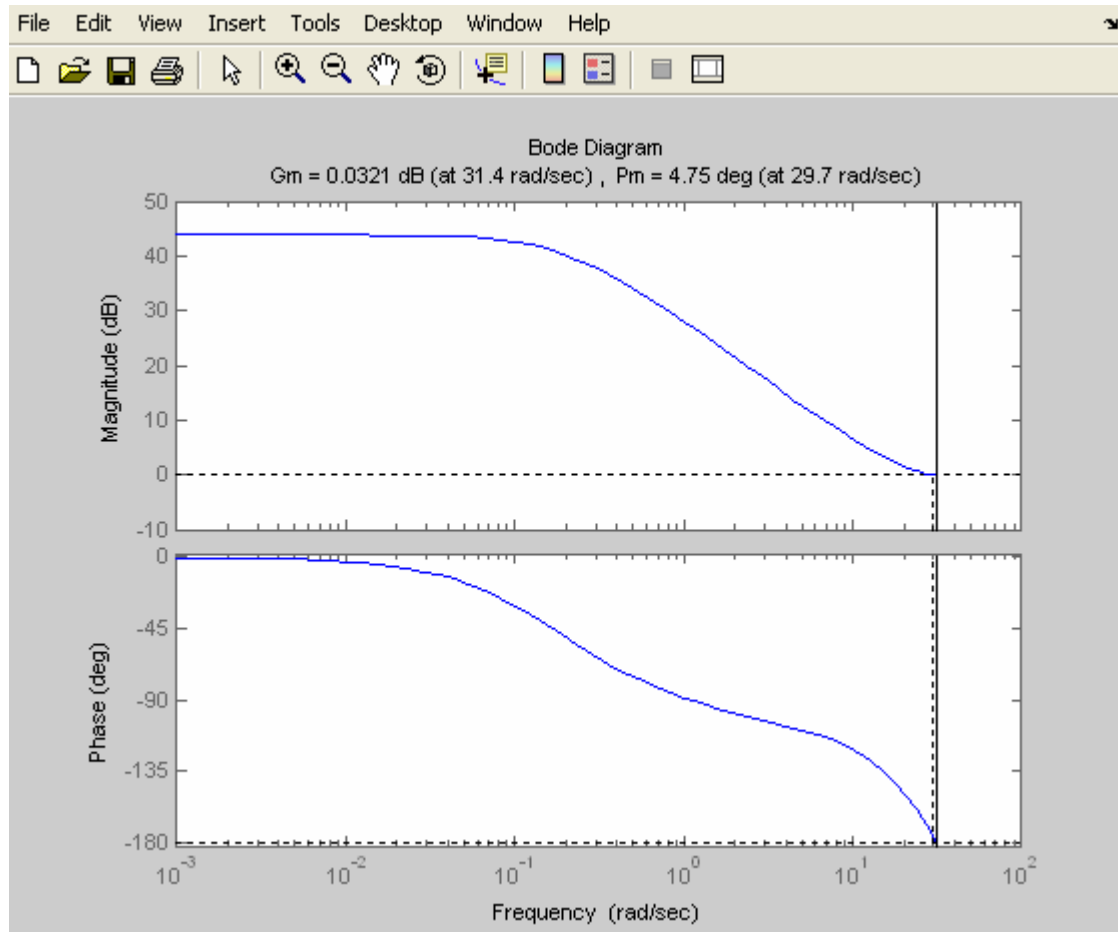
Figura 41. Gráfica de la respuesta de la planta con perturbación de impulso unitario



Con la función de transferencia se obtiene el diagrama de BODE. El diagrama de BODE es la respuesta en frecuencia. La respuesta en frecuencia es un parámetro que describe las frecuencias que produce la planta (Magnitud y Fase).



Figura 42. Diagrama de BODE



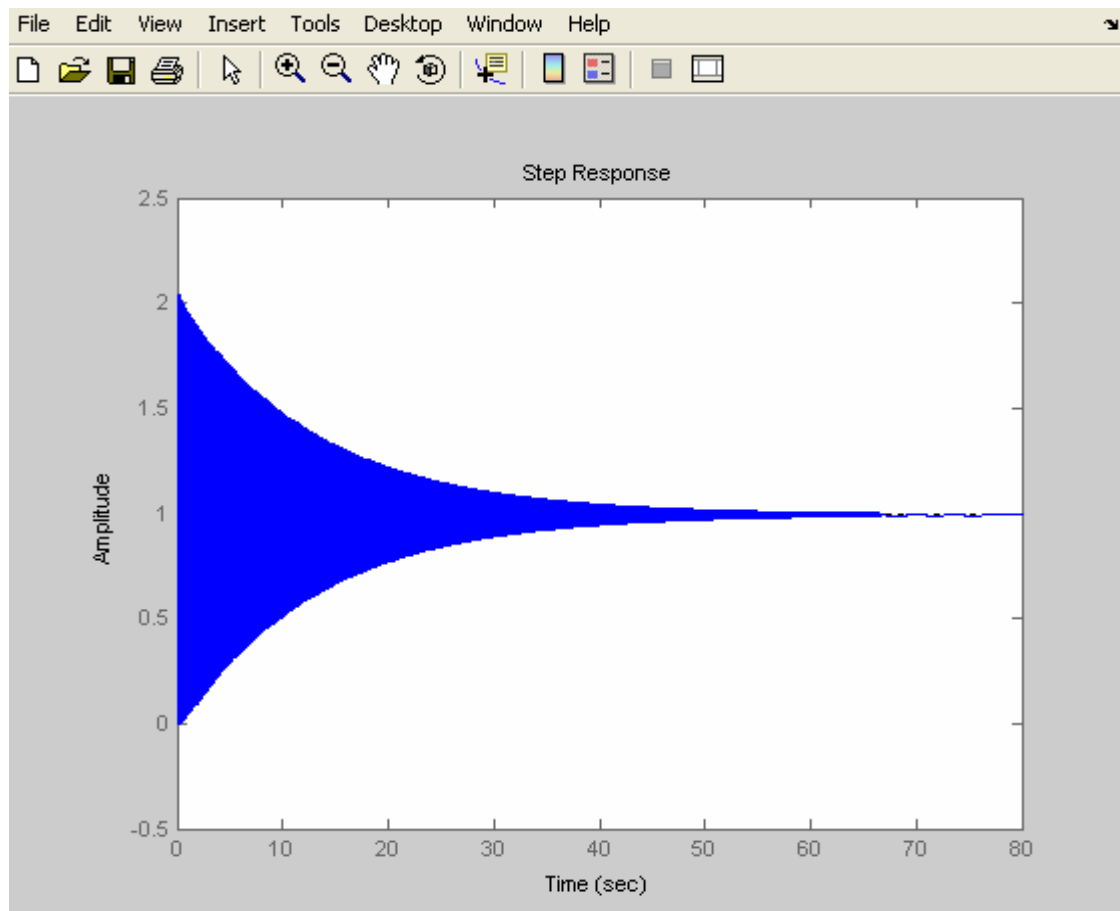
Teniendo en cuenta que en la industria se trabaja con el control digital, se procede a discretizar la función de transferencia.

Para discretizar la función de transferencia, se utiliza un tiempo de discretización ( $T_d$ ) igual a 0.1.

$$\frac{H(z)}{Q(z)} = \frac{0.5606}{z - 0.8012}$$

Para la simulación del sistema dinámico, se utilizan dos tipos de controles. El primero que se utiliza es un control con avance de fase y es el segundo es un control PID. Esto se hace con el fin de comparar que tipo de controlador se ajusta mejor al sistema.

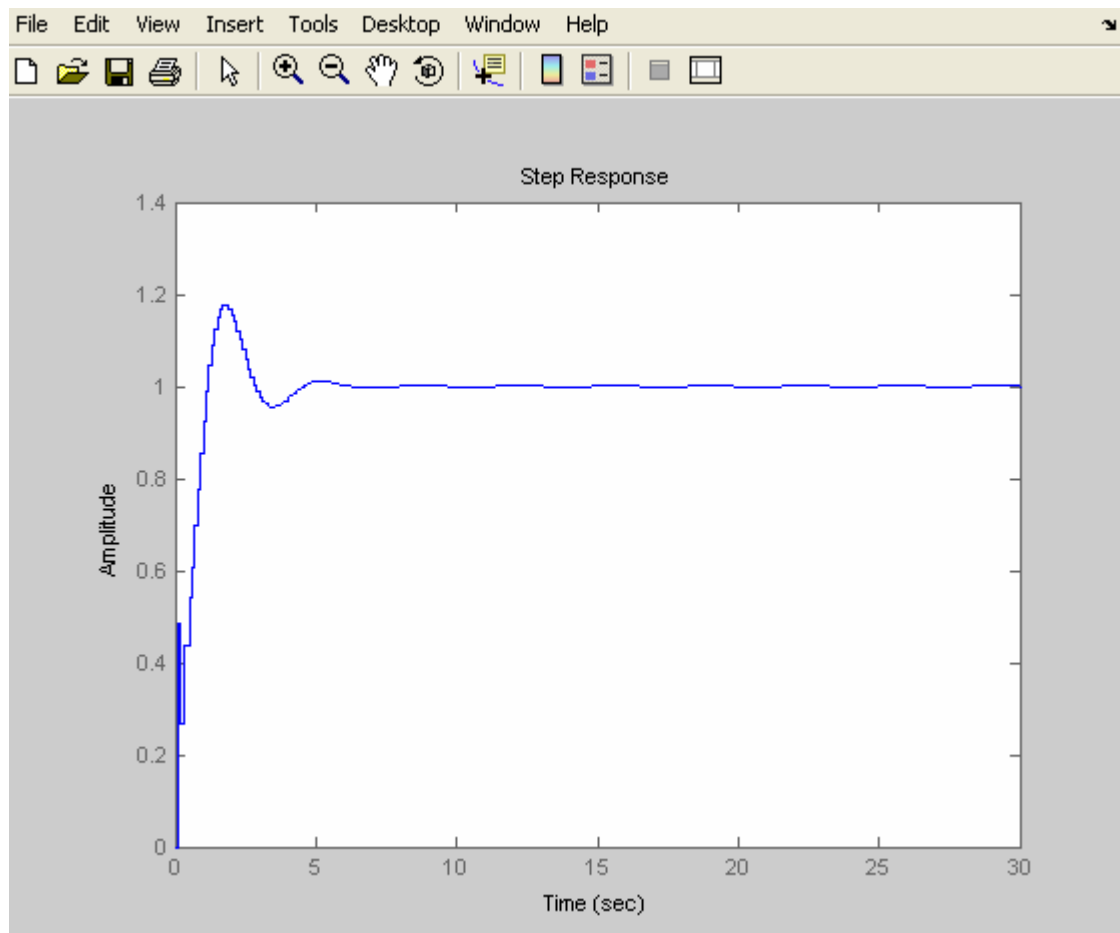
Figura 43. Gráfica del controlador con avance de fase



Para encontrar los valores de  $K_p$ ,  $T_i$  y  $T_d$  (ver tabla) y poder aplicar el control PID, MATLAB automáticamente calcula dichos valores a través de un código.

Tipo de Controlador	$K_p$	$T_i$	$T_d$
P	$\frac{T}{L}$	$\infty$	0
PI	$0.9 \frac{T}{L}$	$\frac{L}{0.3}$	0
PID	$1.2 \frac{T}{L}$	$2L$	$0.5L$

Figura 44. Gráfica del controlador PID



Haciendo la comparación de las graficas, se puede observar que el contralor PID se ajusta mejor al sistema para el control de caudal.

### 5.2.1.3 Simulación del Sistema Utilizando Diagramas de Bloques

Como se pudo observar, el controlador PID es el que mejor se ajusta al sistema. Por ende, solo se hará la simulación con este control.

Figura 45. Diagrama de bloques del sistema con el controlador PID

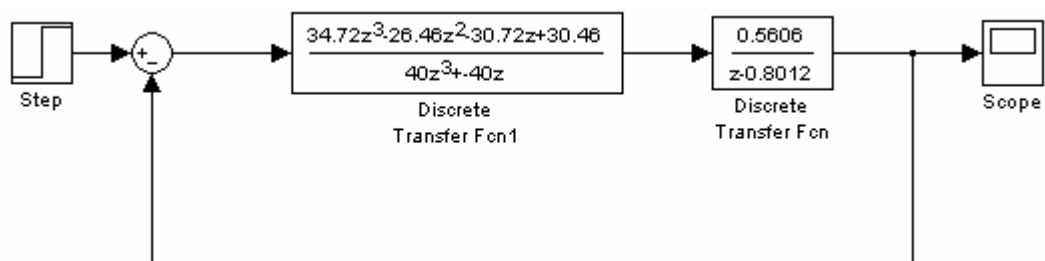
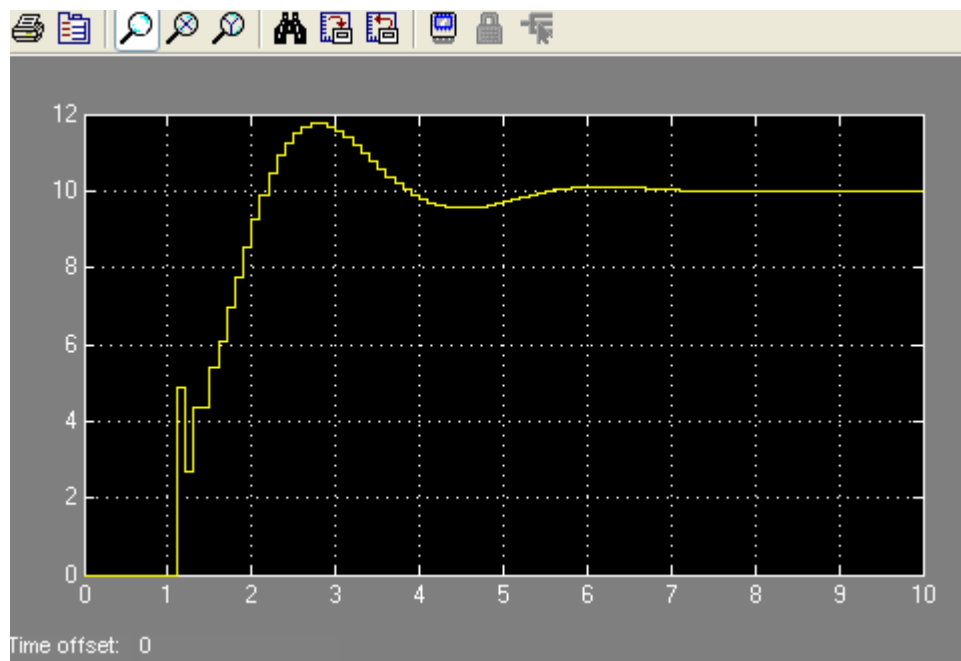


Figura 46. Grafica de la función de transferencia con el controlador PID



Dependiendo del porcentaje del agregado pétreo para la mezcla asfáltica, el tiempo de estabilización de la señal que simula el caudal de salida de la tolva, variará.

### 5.3 TIPOS DE MEZCLAS REALIZADAS EN LA PLANTA

En la planta asfalto el Zuque, para la fabricación de mezcla asfáltica tipo INVIAS MDC-1, MDC-2, MDC-3, se requiere de la utilización de grava, mixto fino (gravilla-arena) y arena de peña en porciones específicas.

En la Tabla 10., se muestran los porcentajes de los elementos que forman las mezclas asfálticas que se fabrican en la planta de asfalto el Zuque.

Tabla 10. Porcentaje de los elementos que forman las mezclas asfálticas

Tipo de Mezcla	% Grava	% mixto fino	% arena de peña	% de Asfalto
MDC-1	45	35	20	
MDC-2	30	50	20	
MDC-3		70	30	

### 5.4 PROBLEMAS EN LA FABRICACIÓN DE MEZCLA ASFÁLTICA

La mezcla de asfalto en caliente, debidamente diseñada y producida, proporciona pavimentos duraderos y resistentes que requieren muy poco mantenimiento.

Sin embargo, puede generarse problemas potencialmente dañinos si no se tienen precauciones en la fabricación de la mezcla.

Uno de los problemas más graves es el de segregación. La segregación sucede con frecuencia, generando seria preocupación en la industria de la pavimentación, recibiendo atención general de contratistas, departamento de obras públicas y fabricantes de equipos.

Cuando hay segregación en la mezcla, se produce concentraciones de materiales gruesos en unas áreas del pavimento, mientras que las demás, contienen concentraciones de materiales más finos.

La segregación produce mezclas no uniformes que no cumplen con la fórmula original de la mezcla especificada que se desea. El pavimento resultante con este tipo de mezcla, presenta características pobres en su estructura, textura, y tiene una vida útil más corta.

La segregación se clasifica en dos tipos: aleatoria y transversal.

#### 5.4.1 Segregación Aleatoria

Sus causas pueden ser:

- No distribuir adecuadamente las porciones de agregados para realizar la mezcla que se desee.
- Diferencia notable de nivel en la mezcla almacenada en el silo.
- Operaciones irregulares en la descarga de los camiones.

#### 5.4.2 Segregación Transversal

Se manifiesta con una peculiar mancha en la superficie. El grado de segregación se cuantifica por los cambios de textura y es fácilmente reconocible. Esta segregación puede ser debida a:

- Empleo del material inicial que proviene del arranque de la planta.
- Inadecuadas operaciones de carga de los camiones.
- Material segregado en la tolva de carga de las plantas.
- Compuertas de la mezcladora mal cerradas.
- Almacenamiento de los dosificadores primarios al límite de su capacidad.

Los problemas relacionados con la segregación son graves y de mucha atención. Eliminarlos es esencial para poder producir mezclas de pavimentación de alta calidad. La eliminación de la segregación es responsabilidad de quienes producen y descargan la mezcla asfáltica, de los que la diseñan y de los que inspeccionan el producto terminado.

### 5.5 PRECAUCIONES PARA EVITAR LA SEGREGACIÓN EN LA MEZCLA ASFÁLTICA

#### 5.5.1 Diseño de la Mezcla

El diseño adecuado de la mezcla es importante para eliminar la segregación. Las mezclas que se diseñan de modo uniforme, sin granulometría discontinua, generalmente son muy tolerantes. Permiten la existencia de errores en otras partes de las operaciones de la planta o de vaciado sin afectar de modo significativo el rendimiento de la mezcla.

Las mezclas con granulometría discontinua son intolerantes. En consecuencia, el más leve error en el proceso de planta, transporte o descargue en camiones, puede producir superficies no uniformes. Si la granulometría de la mezcla es suficientemente discontinua, con bajo nivel de asfalto, sencillamente no es posible producir una mezcla óptima, sin importar las técnicas utilizadas.

### 5.5.2 Tolvas de Almacenamiento en Caliente

La segregación puede producirse en varios puntos de una planta de asfalto. En una planta los puntos que requieren mayor atención son, las tolvas de alimentación en frío y las tolvas de almacenaje en caliente.

La segregación ocurre frecuentemente en la tolva de almacenaje en caliente debido al tamaño, la forma de la tolva grande, y variación del tamaño de los materiales que contiene. La variación en el tamaño del material de la tolva es potencialmente mayor que en cualquier otra parte de la planta de asfalto, ya que el material varía desde un diámetro de 5mm hasta un micrón.

El material ultra-fino que se descarga del elevador de cangilones puede caer directamente a través de la criba y acumularse en una de las paredes inclinadas de la tolva. Puede permanecer allí hasta que la tolva esté casi vacía. En ese momento, gran cantidad de polvo puede desprenderse y alimentando la báscula de pesaje, produciendo una mezcla con material ultra-fino segregado y no recubierto.

La solución correcta es instalar un deflector como se muestra en la Figura 38. El deflector hace que el polvo se deslice hacia el centro de la tolva, en donde se mezcla uniformemente con los materiales gruesos.



Figura 47. Segregación en tolvas de almacenaje en caliente

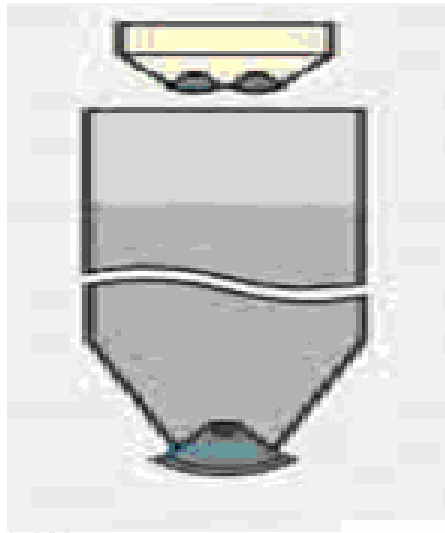


Boletín técnico T – 117S. ASTEC

### 5.5.3 Silos de Almacenamiento

La zona más susceptible a la segregación en una planta de asfalto es la de los silos de almacenamiento. Para eliminar la segregación en el silo de almacenamiento, es vital la inclusión de un dosificador de carga en la parte superior del silo.

Figura 48. Dosificador de carga



Boletín técnico T – 117S. ASTEC

Posiblemente el dispositivo más popular para eliminar la segregación en los silos de almacenamiento es el uso de dosificadores de carga.

Las recomendaciones estandarizadas, dicen que:

- El dosificador deberá tener una capacidad de por lo menos 1300 Kg. y tener una abertura relativamente grande en su compuerta para asegurar una descarga rápida de materiales hacia el silo de almacenaje.
- El dosificador debe cargarse en su parte central.
- El material debe fluir verticalmente hacia el dosificador.
- La apertura de la compuerta del dosificador deben ajustarse de modos que la compuerta se cierre cuando queden de 15-20cm de material en el dosificador. No se debe permitir que el material atraviese el dosificador libremente.

- El dosificador debe descargar rápidamente la mezcla como una sola masa.
- No hay que mantener un nivel consistentemente en la parte superior.

#### 5.5.4 Descarga de Mezcla Asfáltica en Camiones

Los conductores frecuentemente tienden a estacionar el camión debajo del silo de almacenaje y no moverlo durante la descarga de la mezcla. Si ésta es sensible a la segregación, las piedras más grandes rodarán hacia las partes delantera, trasera y laterales de la caja del camión, haciendo que los materiales gruesos sean los primeros y los últimos al retirarlos de dicha caja. Estos materiales gruesos, posteriormente se atorán en las secciones laterales de la máquina pavimentadora, produciendo zonas gruesas en el pavimento.

La segregación que se genera en los alrededores de la caja del camión a partir de una sola descarga se muestra en la Figura 49.

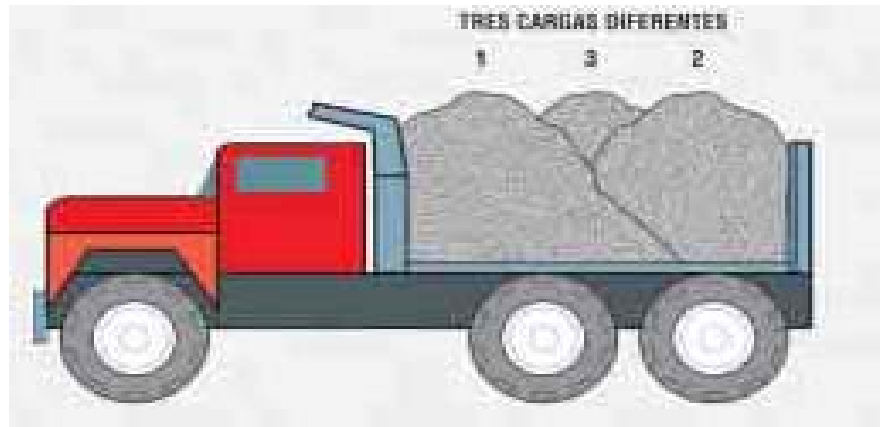
Figura 49. Descarga de mezcla en una etapa - Forma incorrecta



Boletín técnico T – 117S. ASTEC

Si el camión se carga en tres etapas (la primera cerca de la parte delantera de la caja del camión, la segunda cerca de la compuerta trasera y la última en la parte central), el material grueso es forzado a rodar hacia el centro de la caja del camión para luego quedar cubierto como se ilustra en la Figura 50. Esto asegura que el primer material descargado por el camión será material de buena calidad con el material grueso combinado en su parte central.

Figura 50. Descarga de mezcla en tres etapas – Forma correcta



Boletín técnico T – 117S. ASTEC

## 5.6 SELECCIÓN, DESCRIPCIÓN Y DETALLES DE LOS DISPOSITIVOS DE CONTROL, POTENCIA Y MEDICIÓN

La automatización, es un concepto que permite utilizar las tecnologías que mejor se adapten a los diversos sistemas y procesos que se requieran optimizar en la industria.

La selección de dispositivos está dada principalmente por las condiciones propias de la planta y complejidad de los procesos. Se ha tenido en cuenta la

compatibilidad de los dispositivos para la automatización y el factor económico de cada uno de ellos.

#### 5.6.1 Dispositivos de Control

##### 5.6.1.1 Controlador lógico programable (PLC)

Para el control de los proceso de elaboración de mezcla asfáltica, se propone un controlador lógico programable SIMATIC S7-200. La automatización de los procesos que intervienen en dicha mezcla, por ser una tarea compleja, requiere de eficiencia en cuanto al control y tiempo de respuesta. Para esto, el equipo CPU 226, es el indicado.

El PLC cuenta con dos puertos RS485 que permite la comunicación y configuración con un computador, para el manejo y visualización de los procesos.

La facilidad de montaje y programación de este dispositivo, y el software que utiliza (STEP 7-Micro/Win para la serie S7-200), fueron factores relevantes para su elección. El software ofrece al usuario una variedad de herramientas para aplicaciones en automatización.

Figura 51. Controlador lógico programable SIMATIC S7 - 200



[www.acelab.com/tienda/product\\_info.php?products\\_id=34&osCsid=89b1ba63dd5c45e47eede81203df77b9](http://www.acelab.com/tienda/product_info.php?products_id=34&osCsid=89b1ba63dd5c45e47eede81203df77b9)

Ya que el PLC tiene 40 entradas y salidas digitales en total (24 entradas y 16 salidas), es necesario incluir un modulo expansión EM 235 AI4/AQ1 x 12Bit de 4 entradas y 1 salida análoga, para el manejo de las señales que generan las galgas extensiométricas ubicadas en las básculas de pesaje.

La composición del PLC está a partir de módulos. Es decir, se añaden módulos en función de necesidades y dependiendo de la amplitud de señales que deba recibir o enviar:

1. Modulo central (CPU).
2. Modulo de señales (SM) para entradas y salidas digitales y análogas.
3. Modulo de función (FM) para montaje y posicionamiento.

La memoria del PLC contiene el programa del usuario. El procesador ejecuta el programa de forma cíclica. Cuando empieza el ciclo, el procesador consulta los

estados de señales en todas las entradas y forma una imagen de entradas del proceso.

Luego, ejecuta el programa paso a paso, considerando los contadores, marcas y temporizadores internos. El procesador pone los estados de señal calculados en la imagen de salida, y desde allí se transfieren las salidas físicas.

El autómata S7-200 necesita una tensión de 24 VDC. La fuente de alimentación transforma la tensión de la red de 120V AC en una DC de 24 V. La fuente de alimentación se monta a la izquierda junto a la CPU

En la parte frontal se encuentra el indicador de tensión de salida, el selector de tensión de red 120V o 230VAC, y el interruptor ON/OFF para 24VDC. También se encuentran los bornes de conexión donde se conectan los cables de la red, y la salida del conector de protección.

La CPU está diseñada para aplicaciones que requieren tiempos de ejecución cortos. El procesador llega a tiempo de ejecución de 0.8 $\mu$ s por instrucción binaria. Tiene una memoria central de 8 Kbytes y está dotada de 128 contactores y 256 temporizadores internos.

EL Lenguaje de programación es STEP 7. La organización del programa es lineal y estructurada.

En la parte frontal tiene un LED que indica el estado en que se encuentra (Activo o Falla), el selector con llave del modulo de operaciones PPI, espacio para una pila, y terminales para la alimentación.

Se puede expandir hasta 512 entradas o salidas digitales y 64 entradas o salidas analógicas, máximo 32 módulos en configuración de 4 bastiones

El modulo de entradas analógicas EM 235 transforman las señales analógicas del proceso, en valores digitales para su posterior procesamiento interno en el S7-200 (Ideal para conectar las galgas extensiométricos).

\* Para mayor información sobre el controlador lógico programable SIMATIC S7-200, dirijase al Anexo 11.

#### 5.6.1.2 Interfaz hombre - máquina

Para la supervisión y control del sistema, se propone utilizar el panel táctil TP 170A. Este proporciona al usuario seguridad y eficiencia para realizar las tareas de manejo y visualización de los procesos.

Figura 52. Panel táctil



[https://www.acelab.com/tienda/product\\_info.php?manufacturers\\_id=12&products\\_id=60&osCsid=89b1ba63dd5c45e47eede81203df77b9](https://www.acelab.com/tienda/product_info.php?manufacturers_id=12&products_id=60&osCsid=89b1ba63dd5c45e47eede81203df77b9)



Un punto importante, es la interconexión con el PLC. La pantalla se puede conectar al PLC Simatic S7 vía MPI y Profibus DP. El TP 170A se configura con el software de configuración SIMATIC ProTool.

\* Para mayor información sobre el panel táctil TP 170A, diríjase al Anexo 12.

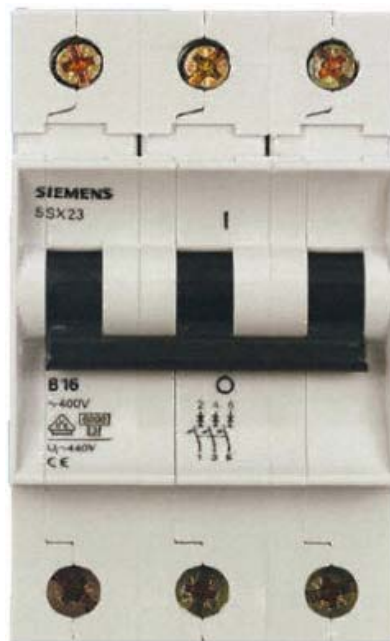
### 5.6.2 Dispositivos de Potencia

La electrónica de potencia tiene como función la adaptación de continua de magnitudes físicas al proceso de fabricación. La energía obtenida de la red se prepara en el dispositivo electrónico de potencia y se alimenta a la carga (Motor, Resistencia de calefacción o similar).

- Arrancadores

Los arrancadores empleados en la planta sirven para la protección de los motores trifásicos que intervienen en la producción de la mezcla asfáltica. Estos son interruptores termomagnéticos tripolares, con tensión máxima de empleo de 440VAC.

Figura 53. Arrancador para motor trifásico



[www.promelsa.com](http://www.promelsa.com)

Posee disparo térmico contra sobrecargas y electromagnético contra corto. Los interruptores termomagnéticos protegen los cables y conductores de sus instalaciones eléctricas contra sobrecargas y cortocircuitos

En la Tabla 11., se nombran algunas de las características de los arrancadores.

Tabla 11. Características básicas de los arrancadores

UBICACIÓN	REFERENCIA	AMPERAJE	SISTEMA DE ARRANQUE	CURVA DE DISPARO
Elevador De Cangilones	5SX2332-7	32	Directo	C

Criba	5SX2340-7	40	Directo	C
Mezclador	5SX7391-7	100	Estrella /triangulo	C
Banda Transportadora De Mezcla	5SX2332-7	32	Directo	C
Motobomba	5SX2316-7	32	Directo	C

- Contactor

Contactores tripulares Siemens, con voltaje de la bobina de 110VAC (50/60HZ), tensión máxima de empleo de 690VAC. Tiene un sistema de contacto auxiliar.

Figura 54. Contactor



[www.promelsa.com](http://www.promelsa.com)

En la Tabla 12., se nombran algunas características de los contactores.

Tabla 12. Características básicas de los contactores

UBICACIÓN	REFERENCIA	AMPERAJE	POTENCIA DE EMPLEO	TAMAÑO
Elevador De Cangilones	3RT1036	50A (AC3) Y 55A (AC1)	15/22/30/22K W EN 220/400/500/6 90VAC	S2
Criba	3RT1036	50A (AC3) Y 55A (AC1)	15/22/30/22K W EN 220/400/500/6 90VAC	S2
Mezclador	3RT1044	65A (AC3) Y 100A (AC1)	18.5/30/37/45 KW EN 220/400/500/6 90VAC	S3
Banda Transportadora De Mezcla	3RT1036	50A (AC3) Y 55A (AC1)	15/22/30/22K W EN 220/400/500/6 90VAC	S2
Motobomba	3RT1036	50A (AC3) Y 55A (AC1)	15/22/30/22K W EN 220/400/500/6 90VAC	S2

- Relés de protección

Los relés garantizan un arranque seguro del motor incluso en condiciones difíciles. Estos equipos se acoplan directamente con un contactor para formar un arrancador a tensión plena. Su máxima temperatura de operación es de 60

grados. Estos equipos adicionalmente protegen la carga térmicamente usando un sensor PTC.

El sensor PTC mide la temperatura directamente en el motor y la señal es evaluada por el relé. Como resultado de la evaluación de temperatura integrada en la unidad no es necesario el uso de un equipo adicional.

Figura 55. Relé de protección



[www.promelsa.com](http://www.promelsa.com)

Cada relé térmico es bimetalico, tienen una tensión máxima de trabajo 690V, de tamaño S2. Posee rearme manual/automático y protección por falla de fase. El montaje es directo y es de marca siemens

En la Tabla 13., se nombran algunas características de los relés de protección.

Tabla 13. Características básicas de los relés de protección

<b>UBICACIÓN</b>	<b>REFERENCIA</b>	<b>AMPERAJE</b>	<b>RELÉ DE CLASE</b>	<b>CONTACTOS</b>
Elevador De Cangilones	3RU11364	14-20AMP	10	1NA+1NC
Criba	3RU11364	14-20AMP	10	1NA+1NC
Mezclador	3RU11364H	22-32AMP	10	1NA+1NC
Banda Transportadora De Mezcla	3RU11364	1-20AMP	10	1NA+1NC
Motobomba	3RU1126	14-16AMP	10	1NA+1NC

### 5.6.3 Dispositivos de Medición

- Sensores de nivel

Las medidas sin contacto ofrecen un alto nivel de fiabilidad en las más diversas aplicaciones.

La medida del nivel con sensores de radar, presenta un alto nivel de fiabilidad en condiciones donde se producen muy altas temperaturas. Así mismo, funcionan en entornos donde se produce gran cantidad de polvo.

Se propone este instrumento ya que la tecnología de radar no necesita de contacto directo, es destacada por tener un bajo mantenimiento y en especial por

no ser afectada por la atmósfera del proceso. Ideal para medición tanto de polvo como de sólidos pesados

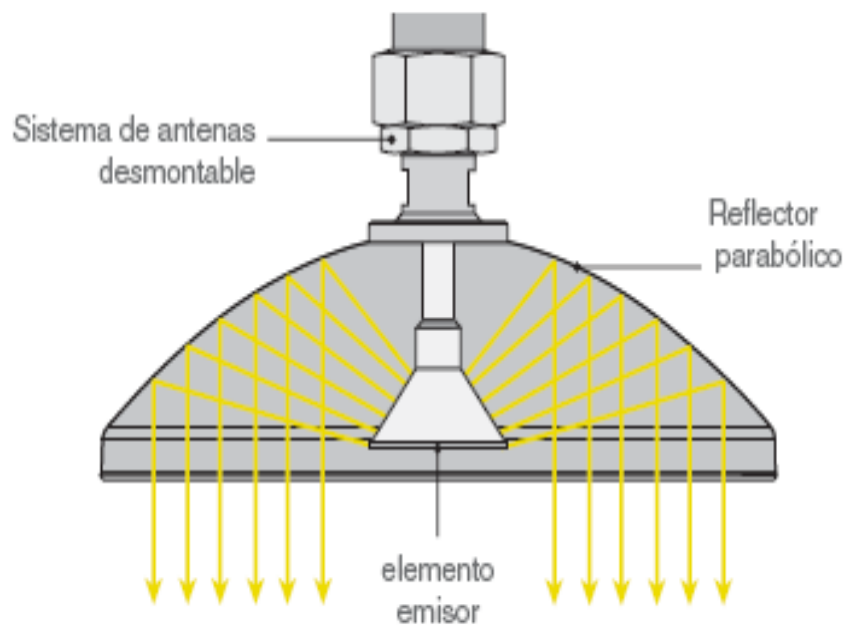
Figura 56. Sensor de radar



<http://www.vega.com/downloads/PR/ES/28752-ES>.

El sensor funciona de la siguiente manera: en el centro del reflector parabólico, se encuentra el elemento emisor bien protegido. La señal de microondas se emite y se enfoca por medio del elemento emisor y de la superficie de la antena. Para un montaje sencillo el sistema de antena completo es desmontable.

Figura 57. Partes del sensor de radar



<http://www.vega.com/downloads/PR/ES/28752-ES>.

Algunas de las características básicas del sensor de radar se nombran en la siguiente tabla.

Tabla 14. Características básicas del sensor de radar

Modelo	Vegapuls 68
Temperatura de proceso	200°C
Tipo de conexión	Bridada 2 hilos, 4 – 20 mA
Tiempo de respuesta	2- 4 seg.
Precisión de medición	+/- 5 mm
Rango de medida	70 m

\* Para mayor información sobre los sensores de nivel, diríjase al Anexo 13.



- Sonda de movimiento

La sonda de movimiento es un sensor versátil para la protección de los motores trifásico y motobomba que se encuentran en la planta de asfalto. Esta sonda permite monitorizar los motores de la planta que se encuentra en constante movimiento.

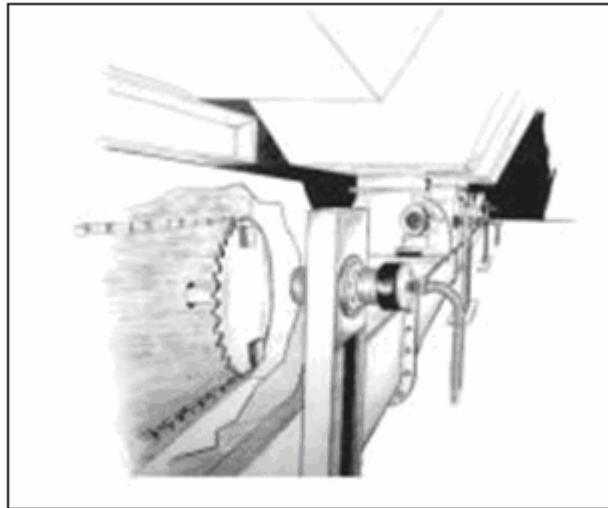
Figura 58. Sensor de movimiento



[https://pia.khe.siemens.com/efiles/feldg/files/broschueren/MFA\\_sp](https://pia.khe.siemens.com/efiles/feldg/files/broschueren/MFA_sp)

El sensor de movimiento permite vigilar instalaciones y proteger procesos. Esta unidad de un solo punto de ajuste se utiliza con las sondas para detectar cambios de movimiento en instalaciones de transporte así como en máquinas vibratorias o rotativas. Idóneo para muchas aplicaciones industriales, protegiendo instalaciones, detectando paradas indeseadas de velocidad y sub-velocidad.

Figura 59. Ubicación del sensor de movimiento



Fuente: [https://pia.khe.siemens.com/efiles/feldg/files/broschueren/MFA\\_sp](https://pia.khe.siemens.com/efiles/feldg/files/broschueren/MFA_sp)

Puede acoplarse a un sistema PLC para detectar la velocidad. El sensor forma un dispositivo de alarma temprana que evita interrupciones en el proceso o paradas en la planta.

Algunas de las características básicas de la sonda de movimiento se nombran en la siguiente tabla.

Tabla 15. Características básicas de la sonda de movimiento

Modelos	Millpulse 600
Tensión	18 a 48 V AC/DC
Rango dinámico	Desde 0 a 7200 PPM
Grado de protección	Tipo 4X/NEMA 4X/IP65 (acero inoxidable)
Temperatura ambiente	-20 a +50 °C

Montaje	Sondas sin contacto, fijación mediante brida
Distancia max a detectar	100 mm
Conexión	2 hilos Compatible con sistemas PLC

\* Para mayor información sobre la sonda de movimiento, diríjase al Anexo 14.

- Sensor final de carrera

Son elementos actuadores de conmutación, generalmente provistos de muelles y utilizados en procesos automáticos donde la detección debe ser más robusta.

Figura 60. Sensor – Final de carrera



[www.siemens.com/siguard](http://www.siemens.com/siguard)

Los sensores fines de carrera SIEMENS de la línea 3SE, pueden ser utilizados en varias aplicaciones industriales. Sin embargo, para este caso, se recomienda el encapsulado IP 67, especial para ambientes donde se manejen altas temperaturas.

Los contactos móviles dobles aseguran alta seguridad de contacto con valores de corriente y de tensión extremadamente bajos, como por ejemplo: 5 Vcc/1 mA, pero también son aptos para una corriente permanente de 10 A. Estos interruptores de posición pueden ser maniobrados, sin ninguna limitación, en circuitos de hasta 380 V con diferentes potenciales, dado que los contactos móviles dobles están separados galvanicamente entre si.

\* Para mayor información sobre los sensores finales de carrera, diríjase al Anexo 15.

- Celdas de carga

Se utilizan dos celdas de carga. Una para la báscula de materiales pétreos (5 Toneladas), y otra para la báscula de asfalto líquido (1 tonelada).

Las celdas de carga son transductores que convierten una magnitud mecánica (peso) en una señal eléctrica. El elemento básico es un cuerpo elástico especial, instrumentado con galgas extensiométricas. Éstas consisten en un material aislante fino con una capa resistiva integrada.

Bajo el efecto del peso se deforma el cuerpo elástico y, por lo tanto, también la galga extensométrica. Al modificarse la forma exterior de la galga se modifica igualmente la resistividad óhmica de su conductor.

Figura 61. Celda de carga

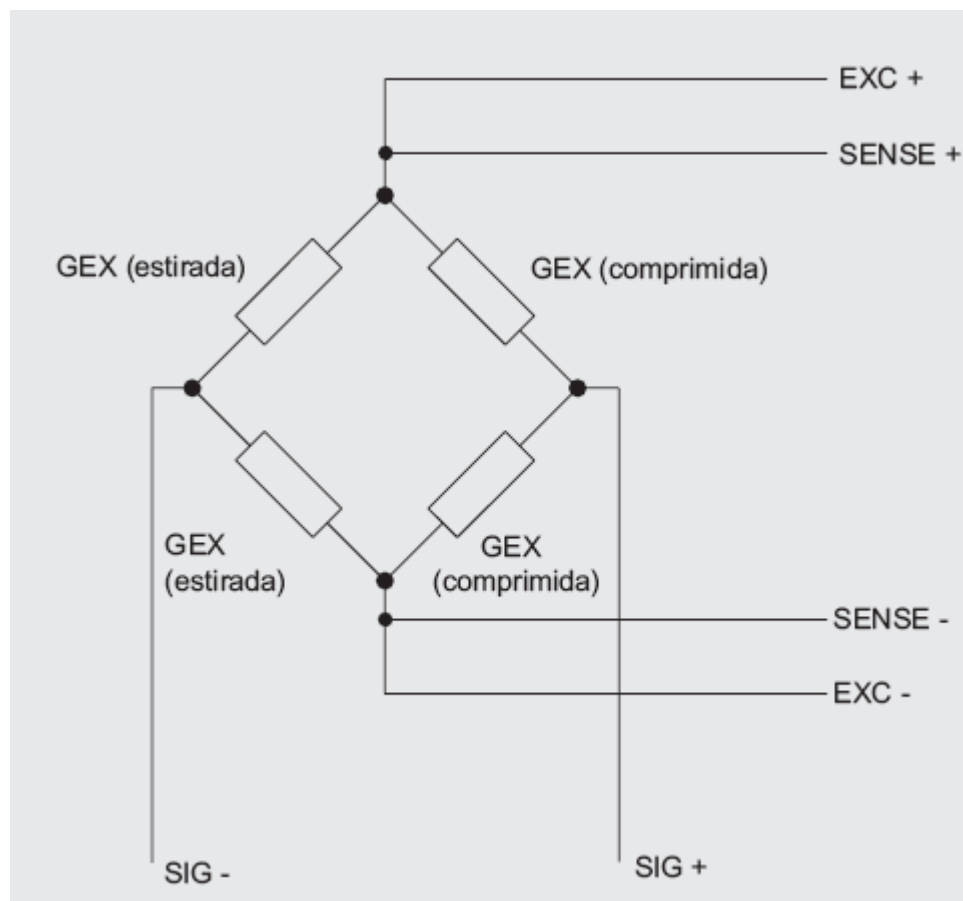


[www.siemens.com/siwarex](http://www.siemens.com/siwarex)

Por cada célula de carga hay como mínimo cuatro galgas extensiométricas interconectadas, formando un puente Wheatstone completo. Las galgas estiradas o comprimidas están interconectadas de manera que se suman los cambios de resistividad positivos o negativos, dando como resultado un desequilibrio aditivo del puente.

En una diagonal del puente está aplicada la tensión de alimentación (con conexión a 6 hilos, también la tensión, SENSE) y de la otra se deriva la tensión de medida. Con una tensión de alimentación constante (EXC), la tensión de medida (SIG) varía proporcionalmente a la carga aplicada.

Figura 62. Vista esquemática de un puente Wheatstone



Fuente: [www.siemens.com/siwarex](http://www.siemens.com/siwarex)

Algunas de las características básicas de la sonda de movimiento se nombran en la siguiente tabla.

Tabla 16. Características básicas de la celda de carga

Modelo	SIWAREX R, serie SB (modelos 4A Y 4K)
Forma constructiva	Varilla a cizalladucha
Carga nominal/ máx.	E <sub>max</sub> . 0,5tonelas y 5 tonelada

Error combinado Fcomb	$\leq \pm 0,02\%$
Tensión de alimentación	10 V
Tensión de alimentación	5 ... 18 V
Resistencia de entrada Re	$350 \Omega \pm 3,5 \Omega$
Resistencia de salida Ra	$350 \Omega \pm 3,5 \Omega$
Materiales de la célula	Acero inoxidable

\* Para mayor información sobre las celdas de carga, diríjase al Anexo 16.

## 5.7 DISEÑO DEL SISTEMA DE SUPERVISIÓN Y CONTROL

En un proyecto de ingeniería de automatización, control y/o supervisión de procesos, la “etapa de diseño” es una de las más importantes. En esta etapa, es donde reluce la importancia de hacer un estudio preliminar y exhaustivo, para diseñar la metodología de automatización y control óptima, que esté acorde a las necesidades de la planta.

### 5.7.1 Estructura General del Sistema SCADA

El sistema de supervisión y control que se desarrolla en este proyecto, propone dar surgimiento y control en los procesos de dosificación, mezcla y carga en una planta asfalto.

Un sistema SCADA esta formado por:

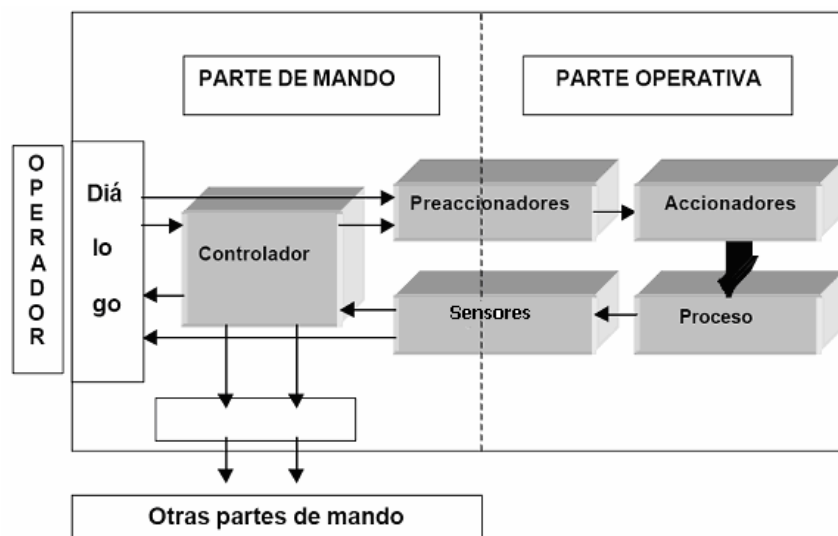
- Una Parte Operativa (P.O.), cuyos accionadores actúan sobre el sistema automatizado.

- Una Parte de Mando (P.M.), que coordina las acciones de la parte de operativa.

La figura 63., esquematiza la organización de la parte de mando respecto a la parte operativa. La parte operativa es la que opera sobre la máquina y el producto.

En general comprende:

Figura 63. Esquema funcional de un sistema SCADA



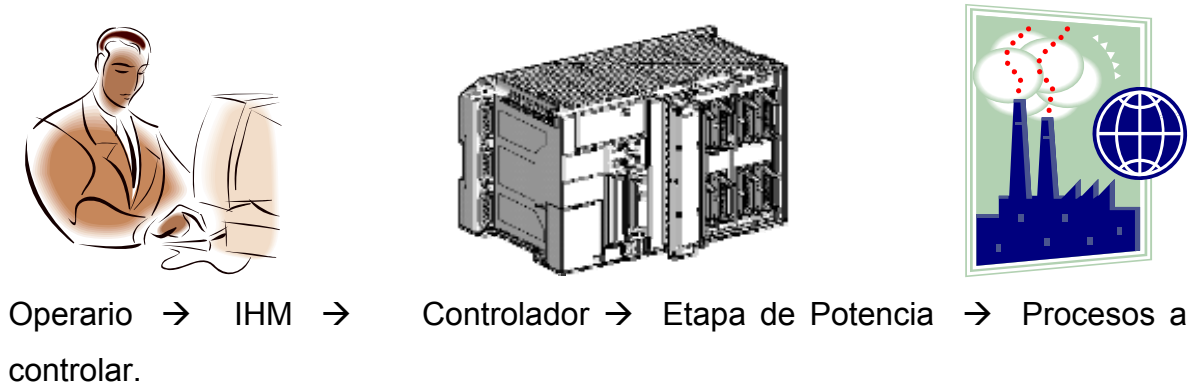
[www.genia.com](http://www.genia.com)

La parte de mando es la que emite las órdenes hacia la parte operativa y recibe las señales de retorno para coordinar sus acciones. En el centro de la parte de mando está el controlador o PLC que coordina la información que a él converge:

Teniendo en cuenta lo anterior, el sistema SCADA para la planta consta de la siguiente estructura:



Figura 64. Estructura de la metodología de automatización y control



En la interfaz hombre/máquina se podrá visualizar el estado de las diferentes variables del sistema de control y establecer el tipo de mezcla que se requiera. Los procesos son controlados por un PLC, (a través de las señales de entrada generadas por los sensores), que se comunica con la etapa de potencia. Por último están los procesos que se quieren controlar.

- **OPERARIO:** usuario final del proyecto. El operario es el encargado de ordenar al sistema de control las operaciones de producción que debe realizar.
- **INTERFAZ HOMBRE / MÁQUINA:** está compuesta por un (PC), donde el operario puede manejar las variables del sistema. La interfaz retroalimenta los avisos de alarma y el estado actual del proceso en que se encuentra en cada momento.
- **PLC:** es el encargado de procesar y controlar las señales generadas por los sensores ubicados en la planta, y es quien lleva cargado el programa que administra los procesos de la elaboración de mezcla.

- **ETAPA DE POTENCIA:** es donde las señales (salidas) digitales, generadas por el PLC, hacen la activación y desactivación de los dispositivos de potencia (motores, cilindros, etc).
- **PROCESOS A CONTROLAR:** son las fases de la planta que se quieren controlar. Puntos de interés.

## 5.8 ENTRADAS Y SALIDAS UTILIZADAS POR EL SISTEMA SCADA

El control para los motores del elevador de cangilones, criba, mezclador, banda elevadora y motobomba, los cilindros neumáticos de las compuertas de las tolvas y la válvula de 3 vías es ON/OFF.

En esta parte también son incluidas las señales digitales generadas por los sensores de la planta, autómata programable, y paro de emergencia; así como las señales análogas producidas por las galgas.

La lista de señales digitales y análogas, se muestra en la tabla 17, tabla 18 y Tabla 19.

Tabla 17. Entradas digitales del sistema SCADA

<b>ENTRADAS DIGITALES</b>			
Nº	DESCRIPCION	SIMBOLO DE PROGRAMA	SIMBOLO DE PLANO
1	Paro de emergencia	PE	PE
2	Sensor para indicar sobrecarga del motor	ID 1.9	ID 1.9

	elevador de cangilones		
3	Sensor inductivo para indicar funcionamiento del motor elevador de cangilones	ID 0.0	ID 0.0
4	Sensor para indicar sobrecarga del motor de la criba	ID 2.0	ID 2.0
5	Sensor inductivo para indicar funcionamiento del motor de la criba	ID 0.1	ID 0.1
6	Sensor para indicar sobrecarga en el motor del mezclador	ID 2.1	ID 2.1
7	Sensor inductivo para indicar funcionamiento del motor del mezclador	ID 0.3	ID 0.3
8	Sensor para indicar sobrecarga en el motor de la banda transportadora	ID 2.3	ID 2.3
9	Sensor inductivo para indicar funcionamiento del motor banda transportadora	ID 0.4	ID 0.4
10	Sensor para indicar sobrecarga en el motor de la motobomba	ID 0.5	ID 0.5
11	Sensor nivel tolva agregado en caliente 1	ID 0.6	ID 0.6
12	Sensor nivel tolva agregado en caliente 2	ID 0.7	ID 0.7
13	Sensor nivel tolva agregado en caliente 3	ID 0.8	ID 0.8
14	Sensor nivel silo (anti-segregación) pequeño	ID 0.9	ID 0.9
15	Sensor nivel silo de carga a camiones (parte superior)	ID 1.0	ID 1.0
16	Sensor nivel silo de carga a camiones (parte inferior)	ID 1.1	ID 1.1
17	Sensor fin de carrera tolva agregado en caliente 1	ID 1.2	ID 1.2
18	Sensor fin de carrera tolva agregado en caliente 2	ID 1.3	ID 1.3

19	Sensor fin de carrera tolva agregado en caliente 3	ID 1.4	ID 1.4
20	Sensor fin de carrera bascula agregados pétreos	ID 1.5	ID 1.5
21	Sensor fin de carrera bascula asfalto liquido	ID 1.6	ID 1.6
22	Sensor fin de carrera mezclador	ID 1.7	ID 1.7
23	Sensor fin de carrera silo (anti-segregación) pequeño	ID 1.8	ID 1.8

Tabla 18. Salidas digitales del sistema SCADA

Nº	DESCRIPCION	SIMBOLO DE PROGRAMA	SIMBOLO DE PLANO
1	Activar elevador de cangilones	A 0.0	A 0.0
2	Activar criba	A 0.1	A 0.1
3	Activar mezclador	A 0.2	A 0.2
4	Activar banda transportadora	A 0.3	A 0.3
5	Activar motobomba	A 0.4	A 0.4
6	Activar válvula tanque asfalto	A 0.5	A 0.5
7	Activar cilindro tolva agregado en caliente 1	A 0.6	A 0.6
8	Activar cilindro tolva agregado en caliente 2	A 0.7	A 0.7
9	Activar cilindro tolva agregado en caliente 3	A 0.8	A 0.8
10	Activar válvula de 3 vías	A 0.9	A 0.9
11	Activar electro válvula de asfalto liquido	A 1.1	A 1.1
12	Activar cilindro bascula de agregados pétreos	A 1.2	A 1.2

13	Activar cilindro bascula de asfalto liquido	A 1.3	A 1.3
14	Activar cilindro mezclador	A 1.4	A 1.4
15	Activar cilindro de silo (anti-segregación) pequeño	A 1.5	A 1.5
16	Activar cilindro 1 y 2 de silo carga a camiones	A 1.6	A 1.6

Tabla 19. Entradas análogas del sistema SCADA

<b>ENTRADAS ANALOGAS</b>			
Nº	DESCRIPCION	SIMBOLO DE PROGRAMA	SIMBOLO DE PLANO
	Galga de agregados pétreos	E 0.0	E 0.0
	Galga de asfalto liquido	E 0.1	E 0.1

Dentro de la instrumentación de la metodología de automatización y en especial para el control de los procesos, se tienen varios sensores que corresponden a entradas al sistema de control. Las señales dadas por los sensores verifican el correcto funcionamiento de los dispositivos, como su activación y desactivación.

#### 5.8.1 Ubicación de los Sensores que Producen las Señales de Entrada para el Sistema SCADA

Cada motor cuenta con dos sensores que envían señales al sistema de control. Una de las señales, es generada por el protector térmico contra sobrecargas. Este

dispositivo tiene un contacto normalmente cerrado que indica el estado en el que él mismo se encuentra (ON/OFF). La otra señal la produce un sensor inductivo de movimiento, verificando constantemente el funcionamiento del motor.

Las tolvas de almacenamiento en caliente y los silos de almacenaje de mezcla asfáltica, cuentan con sensores de nivel que verifican la presencia de material suficiente para hacer mezcla y para hacer la descarga de mezcla asfáltica en los camiones.

Los cilindros neumáticos, que accionan las compuertas de las tolvas, silos de almacenaje, básculas de pesaje y mezclador, para dar paso al flujo de material pétreo y mezcla asfáltica, cuentan con sensores fines de carrera. Estos sensores envían señal al sistema de control, avisando la apertura o cierre de dichas compuertas.

Las galgas son otro tipo de sensor y van ubicadas en las básculas de pesaje. Estas miden los pesos que van cayendo en dichas básculas, y al mismo tiempo envían señal al sistema de control indicándole la cantidad que está siendo depositada en ellas.

El paro de emergencia es la entrada que el sistema de control tiene, y que es activada por el operario, cuando se presenta alguna falla grave.

#### 5.8.2 Señales de Salida del Sistema SCADA

Las señales generadas por el sistema SCADA, son las activan los motores de los diferentes procesos de las planta, cilindros neumáticos para abrir las compuertas de las tolvas, básculas de pesaje, mezclador y silo de almacenaje, válvula dosificadora de asfalto líquido, encendido de alarmas visuales y sonoras.

## 5.9 ALARMAS

Las alarmas generadas por el sistema de control, están dadas por la no retroalimentación de la señal de los dispositivos presentes en cada uno de los procesos, y por cambios significativos de las señales de entrada durante la fabricación de la mezcla. La indicación de las fallas se hace de forma visual y sonora.

Cada uno de los dispositivos eléctricos y electrónicos tiene señales de entrada al sistema de control.

De presentarse una sobrecarga y fallar el térmico de algún motor, o que, el sensor de movimiento no retroalimente la señal (elevador de cangilones, criba, mezclador, banda transportadora o motobomba), el sistema de control genera una alarma por mal funcionamiento en el motor correspondiente.

Otra alarma que se presenta es por falta de material pétreo en las tolvas de almacenaje en caliente para fabricar mezcla y/o en el silo de almacenaje para hacer la descarga en los camiones. Los sensores de nivel mantienen la señal activa hasta que halla suficiente material en cada una de las tolvas y/o silo de almacenaje.

Del mismo modo se activa la alarma correspondiente, en caso que algún cilindro neumático presente mal funcionamiento.

En todos los procesos industriales debe de existir un pulsador de parada de emergencia permitiendo la desactivación total de los dispositivos presentes en el sistema. Pulsar el paro de emergencia significa mal funcionamiento, estado inseguro del proceso, o un evento extraordinario dentro de la planta. La activación del paro de emergencia únicamente es posible por medio del operario.

## 5.10 SISTEMA SCADA

Gracias a la aparición de los sistemas SCADA, se están utilizando cada vez más los autómatas programables en las empresas que requieren un control avanzado de sus procesos. La representación del proceso en tiempo real a través de la pantalla del PC hace que se reduzcan precios en las automatizaciones de la planta, ya que antiguamente para visualizar el proceso en tiempo real se optaba por sistemas de control distribuidos costosos, que requerían de conocimientos avanzados para su programación.

En la pantalla del PC se visualizan y controlan los procesos de fabricación de mezcla asfáltica desde un software desarrollado sobre la plataforma de LABVIEW.

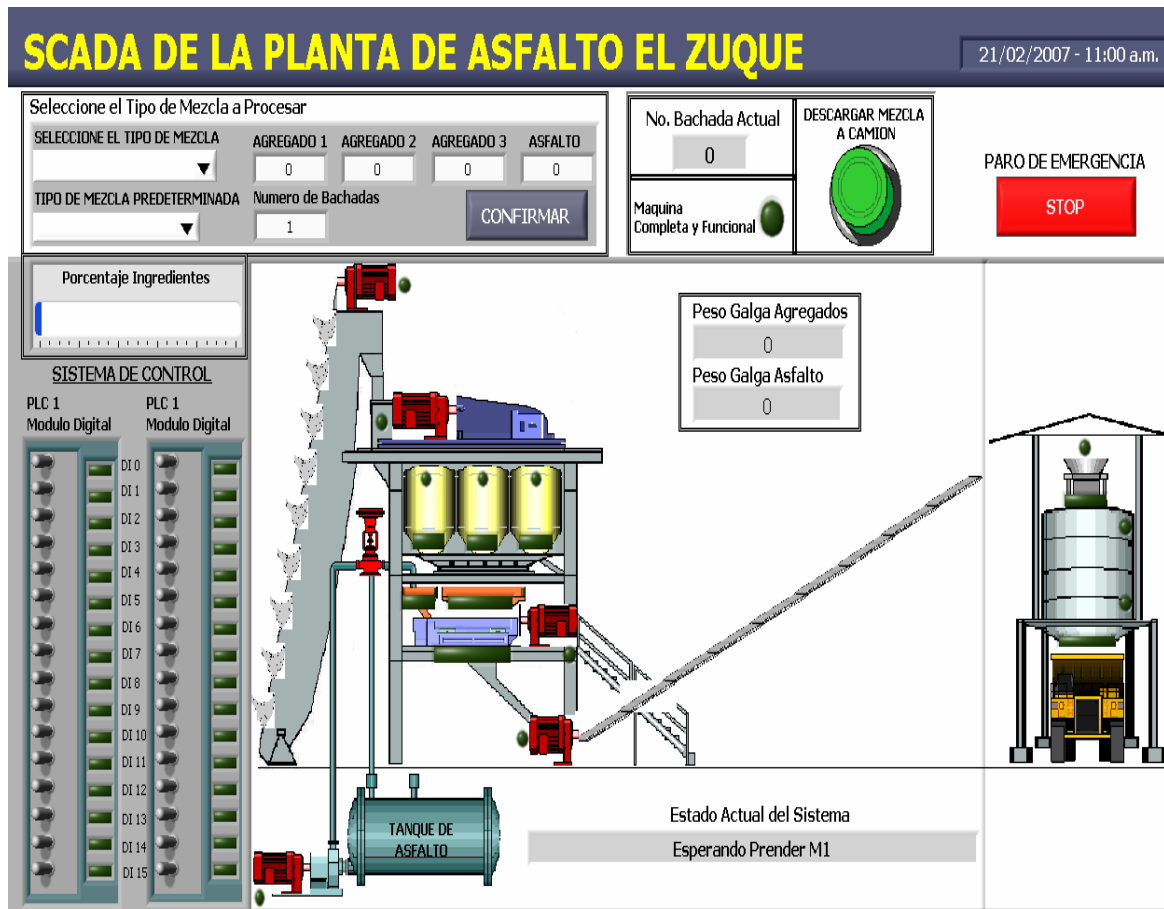
El sistema proporciona constante visualización del estado y condiciones en que se encuentran los motores ubicados en la planta. También se visualiza los niveles adecuados en las tolvas de agregados pétreos en caliente y los niveles de mezcla asfáltica en los silos de almacenaje.

El sistema SCADA brinda la posibilidad de observar en tiempo real la correcta apertura y cierre de las compuertas que se encuentran en los diferentes procesos de fabricación de mezcla asfáltica. Por ultimo y de gran importancia, es la visualización de la dosificación y pesaje de los porcentajes de los elementos que hacen parte de la mezcla asfáltica que se desee fabricar.

La figura 65., muestra la pantalla del sistema SCADA de la planta de asfalto el zuque antes empezar algún proceso.



Figura 65. Pantalla de los proceso de la fabricación de mezcla



El código del sistema de control está dividido en tres partes

- Inicialización

En la inicialización se hace el encendido de los motores del elevador de cangilones, criba, mezclador, banda elevadora y motobomba.

El algoritmo de encendido para los motores de la planta de asfalto, se muestra en la figura 66.

Figura 66. Flujograma del algoritmo de encendido para los motores de la planta de asfalto

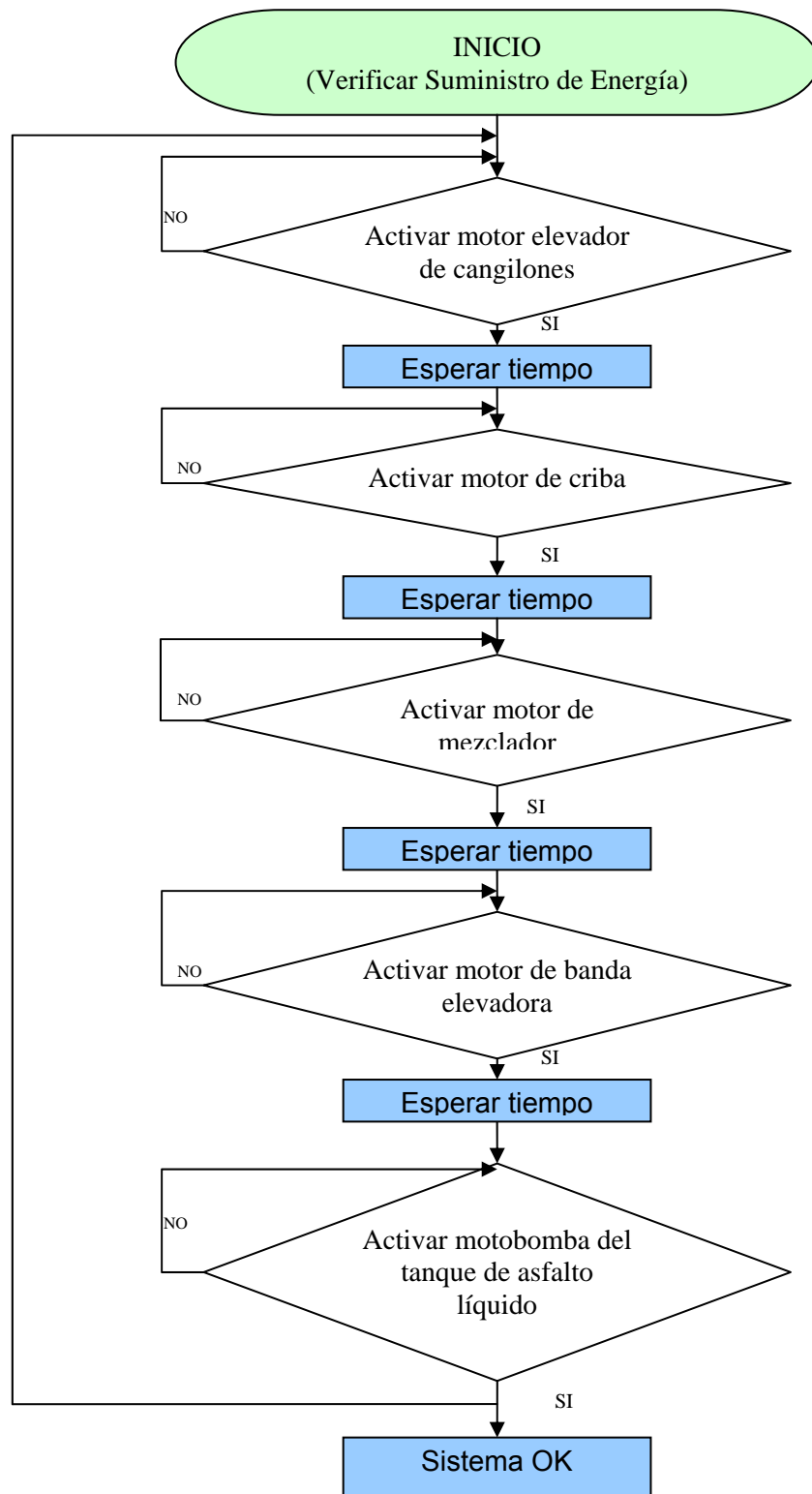
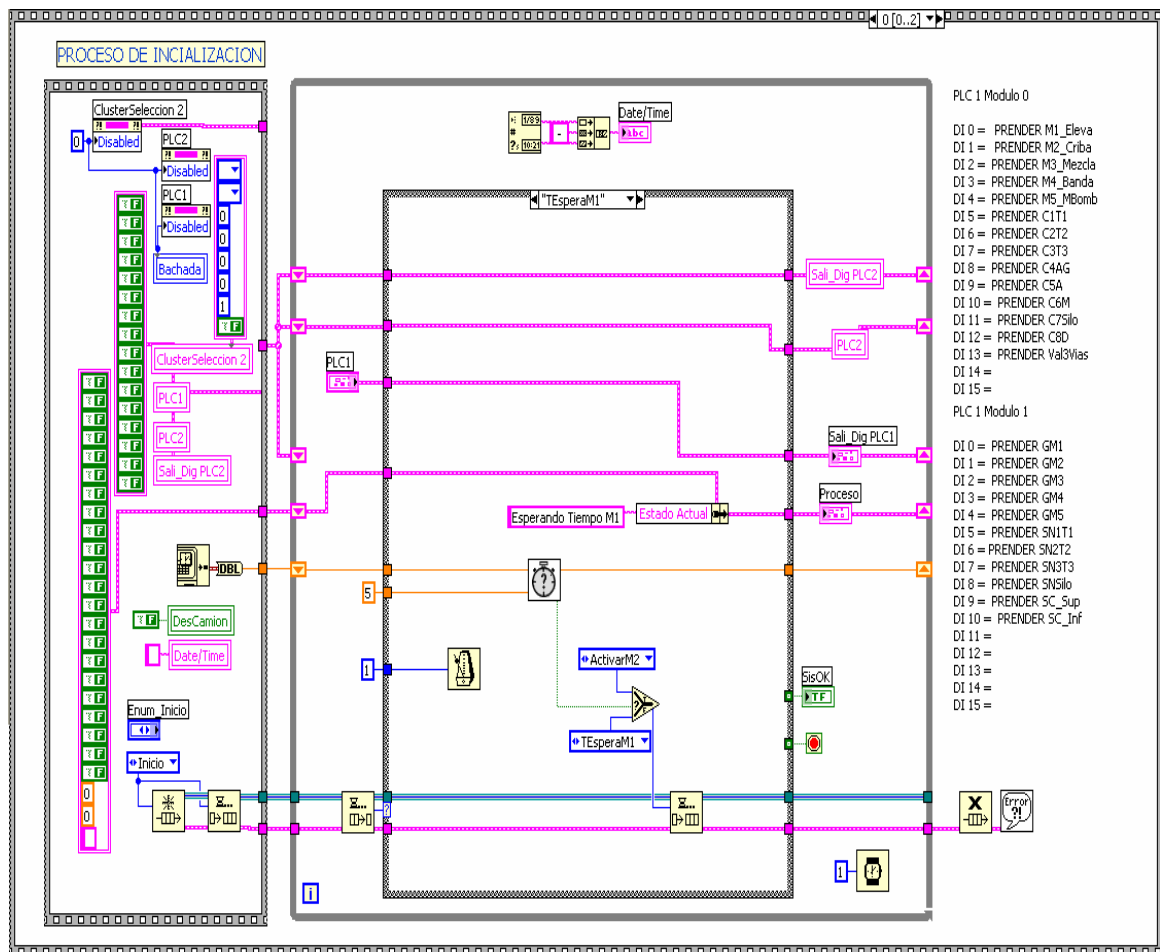


Figura 67. Código de inicialización para el encendido de motores

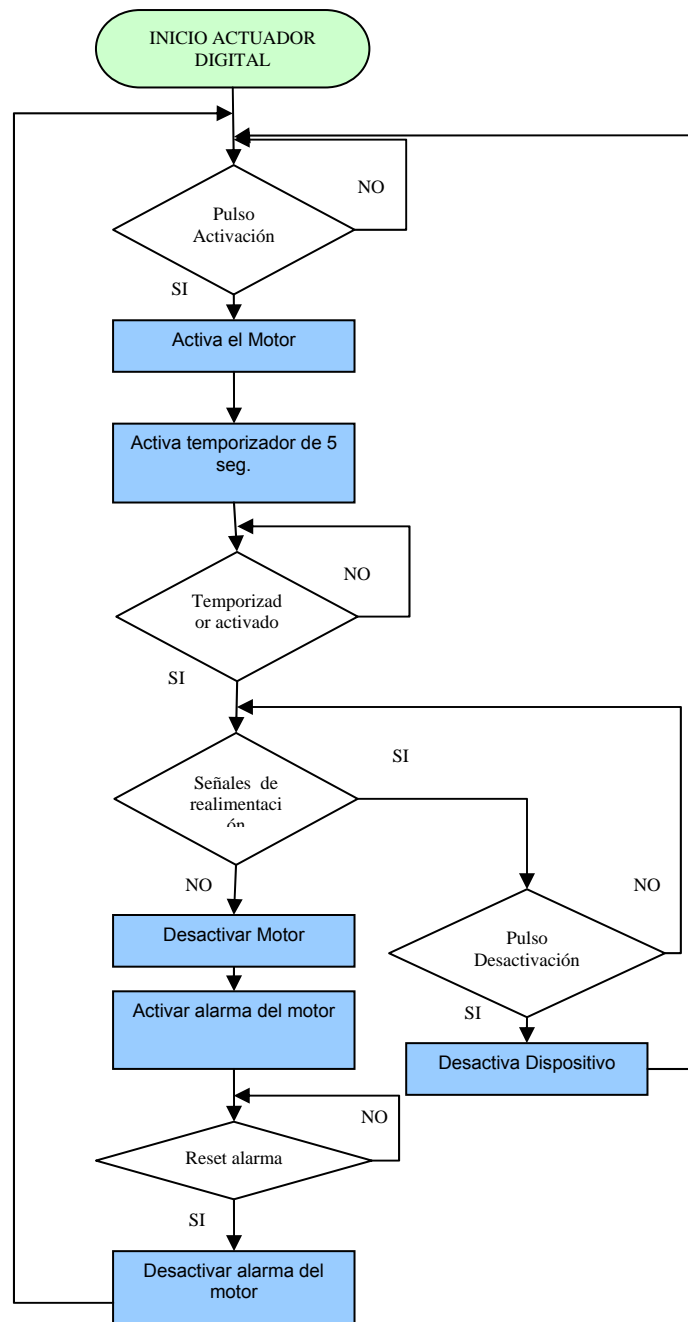


En el accionamiento de un motor se involucran las entradas y salidas correspondientes del PLC. La salida está conectada a un relé, que energiza el arrancador del motor.

Después de energizar cada motor, el sistema de control espera un tiempo previamente establecido (5 seg), para empezar a recibir las señales que envían los sensores (protector térmico y sensor inductivo de movimiento), confirmando el correcto funcionamiento de cada uno de los motores.

El algoritmo de control para los motores que verifica su funcionamiento, por medio de la retroalimentación de las señales que proporcionan los sensores, se muestra en la figura 68.

Figura 68. Flujograma del algoritmo de control para los motores



- En la fabricación de mezcla asfáltica los dispositivos electrónicos empiezan a enviar las señales necesarias al PLC para elaborar la mezcla.

PROCESO FABRICACION DE MEZCLA

PLC 1 Modulo 0

DI 0 = PRENDER M1\_Eleva  
DI 1 = PRENDER M2\_Criba  
DI 2 = PRENDER M3\_Mezcla  
DI 3 = PRENDER M4\_Banda  
DI 4 = PRENDER M5\_MBomba  
DI 5 = PRENDER L111  
DI 6 = PRENDER C272  
DI 7 = PRENDER C273  
DI 8 = PRENDER C246  
DI 9 = PRENDER CSA  
DI 10 = PRENDER GM1  
DI 11 = PRENDER C7510  
DI 12 = PRENDER C30  
DI 13 = PRENDER ValvPilas  
DI 14 =  
DI 15 =

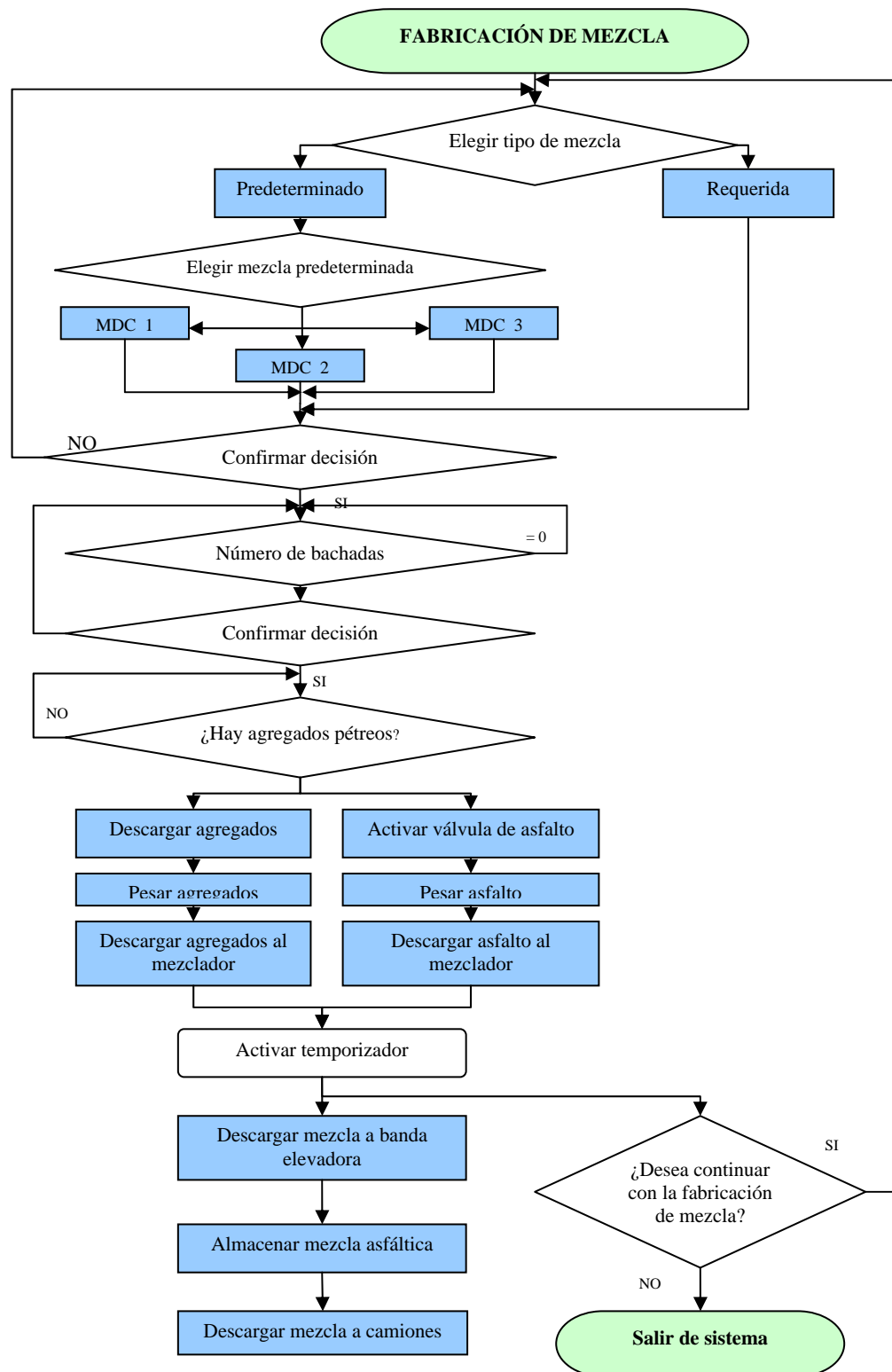
PLC 1 Modulo 1

DI 0 = PRENDER GM1  
DI 1 = PRENDER GM2  
DI 2 = PRENDER GM3  
DI 3 = PRENDER GM4  
DI 4 = PRENDER GM5  
DI 5 = PRENDER SNT11  
DI 6 = PRENDER SNT22  
DI 7 = PRENDER SNT33  
DI 8 = PRENDER SNT6  
DI 9 = PRENDER SNT\_Sup  
DI 10 = PRENDER SC\_Inf  
DI 11 =  
DI 12 =  
DI 13 =  
DI 14 =  
DI 15 =

Diagram description: This is a complex PLC ladder logic diagram for a 'PROCESO FABRICACION DE MEZCLA' (Mixture Production Process). The diagram is organized into several functional blocks and modules. On the left, there are input modules (PLC1, PLC2, PLC3) and output modules (Sal\_Org PLC2, Sal\_Org PLC1, Sal\_Org PLC1). The main logic is divided into two primary sections: 'FinProceso' (End of Process) and 'ClusterSelecion 2'. The 'FinProceso' section includes a 'ResetMezcla' input, a 'Mezcla' input, and a 'Pesos1' input. It features a 'FinProceso' timer (T1) and a 'FinProceso' output. The 'ClusterSelecion 2' section includes a 'Reset' input, a 'Pesos' input, and a 'Sal\_Org PLC2' output. It features a 'ClusterSelecion 2' timer (T1) and a 'ClusterSelecion 2' output. The diagram also includes a 'Bachada' (Batch) section with a 'Bachada' input and a 'Bachada' output. The 'Bachada' section includes a 'Bachada' timer (T1) and a 'Bachada' output. The diagram is heavily interconnected with various logic gates, timers, and counters. The right side of the diagram shows a list of I/O modules and their corresponding addresses, organized into two sections: 'PLC 1 Modulo 0' and 'PLC 1 Modulo 1'. The diagram is a detailed representation of the control logic for a mixture production process, showing the flow of data and control signals between various components.

El algoritmo de control para los procesos de elaboración de mezcla asfáltica, se muestra en la figura 70.

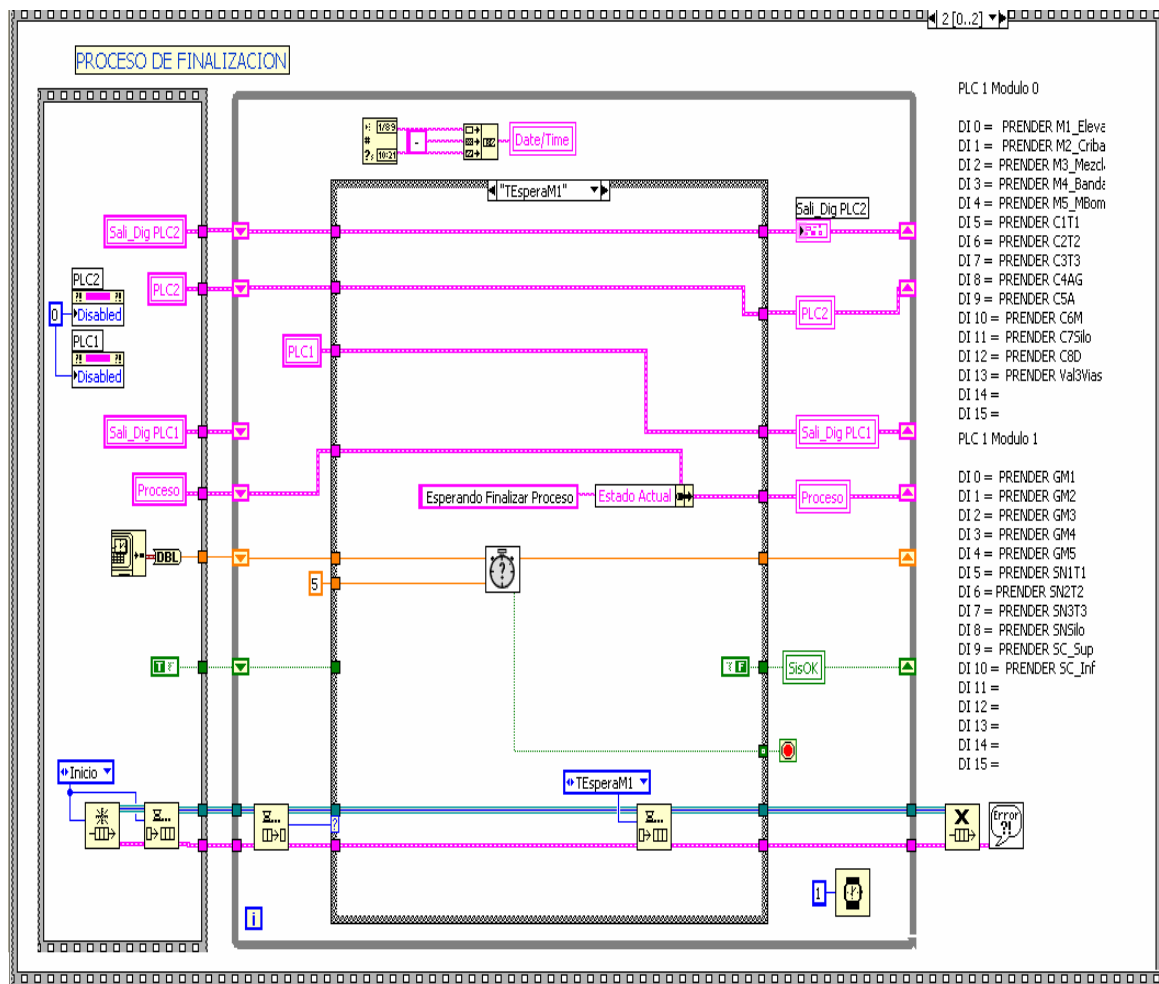
Figura 70. Flujograma del algoritmo de control para los procesos de elaboración de mezcla asfáltica



- Finalización

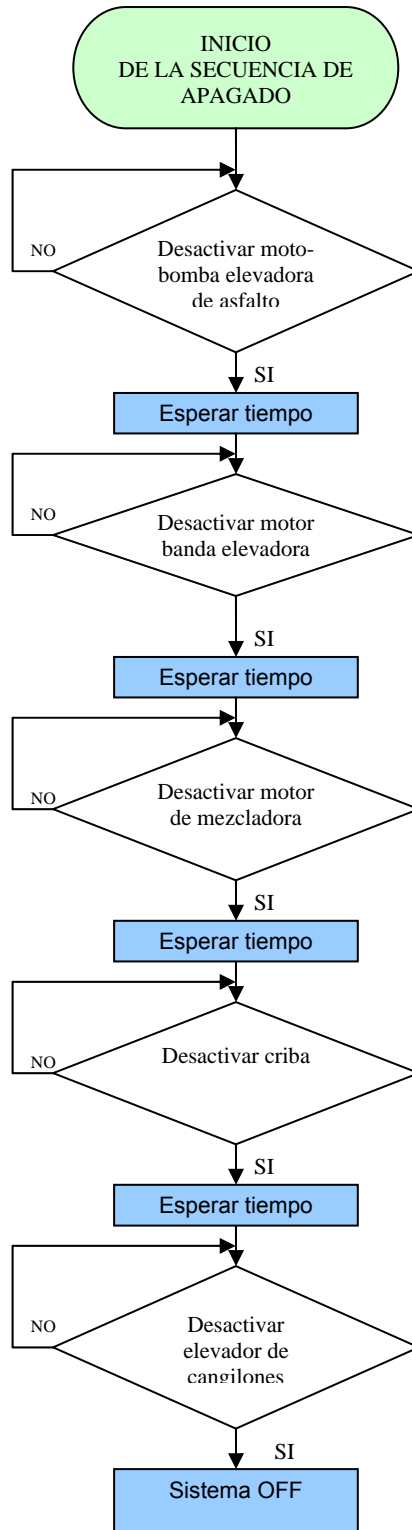
En la finalización se hace el apagado de los motores del elevador de cangilones, criba, mezclador, banda elevadora y motobomba.

Figura 71. Código de finalización para el apagado de motores



El algoritmo de finalización para el apagado de los motores de la planta de asfalto, se muestra en la figura 72.

Figura 72. Flujograma del algoritmo de la secuencia de apagado





## CONCLUSIONES

- El desarrollo de esta tesis fue enfocada al desenvolvimiento tecnológico, a través de tecnología de automatización. Para este caso fue direccionada a una planta de asfalto y se llevó a cabo teniendo en cuenta la necesidad de mejorar la producción de la empresa el Zuque. Además del aumento en la producción, la mezcla asfáltica obtendrá mayor grado de calidad, cumpliendo y satisfaciendo las necesidades del personal encargado de operar y dirigir la planta.
- Según las necesidades de la planta y en búsqueda de la mejor solución, se escogió LABVIEW como herramienta de desarrollo para un sistema abierto basado en un PC, ya que proporciona beneficios en tiempo y costo reducido para la programación, rápida respuesta para poner en marcha los sistemas, fácil mantenimiento y flexibilidad para posibles cambios en el futuro (acondicionándose a nuevas necesidades de la planta, sin tener que hacer una mayor inversión para lograrlas). En el software de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) para el manejo de los procesos de elaboración de mezcla asfáltica, se puede observar la secuencia que sigue cada uno de los procesos, y el estado en el que se encuentran los sensores y actuadores (ON/OFF). Pensando en el operario, el software es de fácil manejo y entendimiento. Esto hace que no se necesite mayor capacitación para la manipulación y forma correcta de operarlo. Con el registro de informes de producción, por parte del software, la empresa puede realizar análisis estadístico, para tener un control sobre la cantidad de mezcla asfáltica que se está elaborando.

- La planta ofrecerá mejores condiciones de trabajo para el operario, ya que éste estará ubicado en una cabina de operación, controlando cada uno de los procesos, a través del SCADA, y no se tendrá que estar directamente expuesto a las altas temperaturas que maneja los procesos para la fabricación de mezcla.
- Los dispositivos electrónicos que se seleccionaron para el proyecto, que podrían ser implementados y adaptados a la planta, son aptos para los ambientes con altas temperaturas y polvorosos como los que se generan en las plantas de asfalto.
- Para el control de los porcentajes de materiales (agregados pétreos y asfalto líquido), se modeló el proceso de dosificación a través de ecuaciones diferenciales y se simuló en MATLAB. Este proceso se aproxima al comportamiento de un sistema para controlar caudal, el cual se ajusta a las condiciones de la planta.
- La segregación es un error común que se presenta en la producción, almacenaje y carga en camiones de la mezcla asfáltica. En el documento se introdujo este tema, y se dieron las precauciones que se deben tener en cuenta para evitar dicho error.

## RECOMENDACIONES

- Teniendo en cuenta que en muchos casos los errores en la automatización se presentan por la incompatibilidad entre dispositivos, se han seleccionado dispositivos SIEMENS, partiendo del hecho que la planta de asfalto el Zuque, utiliza dispositivos de esta marca. SIEMENS es una marca reconocida a nivel mundial en dispositivos de control para la industria, con representación en Colombia.
- La inversión en la automatización de una planta de asfalto resulta ser costosa por el valor elevado de los sensores y actuadores. Sin embargo, al realizar un estudio del aumento de producción y calidad que obtiene la mezcla, se podría estimar el tiempo que tardaría la empresa en recuperar el dinero, ya que la forma de operar que sugiere la metodología de automatización, hace que el proceso de pesaje de materiales pétreos y asfalto líquido, logre un control efectivo, sin generar pérdidas en la dosificación de cada uno de ellos.
- El implementar este proyecto se hace viable, ya que la planta se verá beneficiada en el aumento de producción, tendrá control en los procesos de fabricación de mezcla asfáltica, con dispositivos electrónicos de buena calidad, el software brindará seguridad a la planta y al operario debido a que se estará observando la consecución de los procesos en tiempo real desde la cabina de operación, la flexibilidad que brinda el sistema SCADA para cambios o necesidades futuras no requieren de gran inversión y, los reportes generados por el software, serán de gran ayuda para la planta cuando quiera llevar una estadística en su producción.

## BIBLIOGRAFIA

CEMBRANOS NISTAL, F. Jesús. Automatismos Eléctricos, Neumáticos e Hidráulicos. 3 ed. Thomson. Madrid, 2002.

SEARS, Zemansky. YOUNG, Freedman. Física Universitaria. Volumen 1. Novena edición. ED., Pearson Educación.

BERNAL T., Cesar Augusto. Metodología de la investigación para administración y economía. Santa Fe de Bogotá, D.C. Pearson Educación de Colombia, Ltda. 2000.

Normas ICONTEC. Tesis y trabajos de grado.

[www.dspace.uniandes.edu.co:5050/dspace/bitstream/1992/535/1/mi\\_956.pdf](http://www.dspace.uniandes.edu.co:5050/dspace/bitstream/1992/535/1/mi_956.pdf)

[www.asopac.com](http://www.asopac.com)

[www.temac.es/temac/content](http://www.temac.es/temac/content)

[www.temac.es](http://www.temac.es)

[www.almix.com](http://www.almix.com)

[www.acelab.com](http://www.acelab.com)

[www.siemens.com/siguard](http://www.siemens.com/siguard)

[www.promelsa.com](http://www.promelsa.com)

<http://www.scielo.org.pe>

<http://www.kauman.com>

<http://www.sagarpa.gob.mx/ganaderito/tolva>

[http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:AM\\_Klietka\\_stoc](http://es.wikipedia.org/wiki/Imagen:AM_Klietka_stoc)

<http://www.automatas.org/siemens/images/introd9>

<http://www.uca.es/grup-invest/ntgc/optimat/rele>

[http://www.ab.com/catalogs/A114\\_ES/Cap06](http://www.ab.com/catalogs/A114_ES/Cap06)

<http://www.lovatoelectric.com>

<http://www.construmatica.com>

<http://www.autocity.com/documentos-tecnicos>

<http://www.vega.com>

[https://pia.khe.siemens.com/efiles/feldg/files/broschueren/MFA\\_sp](https://pia.khe.siemens.com/efiles/feldg/files/broschueren/MFA_sp)

## PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Para el desarrollo del proyecto, es necesario tener en cuenta los siguientes elementos:

- Instrumentos de Medida y Control.
- Hardware
- Programación y Software

### Instrumentos de Medidas y Control

Descripción	Nº unids	P. unitario	Total
Medidor de nivel tipo radar	5	4'000.000	20'000.000
Sonda de movimiento	5	900.000	4'500.000
Sensor final de carrera	8	80.000	640.000
Celda de carga áridos	1	1'000.000	1'000.000
Celda de carga asfalto	1	1'000.000	1'000.000
Materiales varios para montaje mecánico de todos los instrumentos. Bidas, tortillería.		500.000	500.000
Montaje		2'000.000	2'000.000
TOTAL			29'640.000

### Hardware

Descripción	Nº unids	P. unitario	Total
Autómata Programable CPU 226 Siemens S7-200	1	3'500.000	3'500.000
Modulo de entradas analógicas AO 0/4...20mA	1	1'500.000	1'500.000
Fuente de alimentación Modelo.	1	900.000	900.000
Carril de bornes mod.-	1	500.000	500.000

normalizado Siemens, para conexiones de bornes.			
Material eléctrico para montajes, incluye bornes, cable de comunicaciones, tortillería.	1	700.000	700.000
Armarios de conexiones + regleteros, canaletas.		1'300.000	1'300.000
TOTAL			8'400.000

#### Programación y Software

Descripción	Nº unids	P. unitario	Total
Software Siemens – “Simatic Step 7” con licencia....	1	2'500.000	2'500.000
Cpu o panel táctil	1	4'500.000	4'500.000
Implementación del programa SIMATIC STEP7	1	400.000	400.000
Programación y dibujo de pantalla en SCADA	1	1'000.000	1'000.000
Cables de red + Alimentación. ...	1	30.000	30.000
TOTAL			8'430.000

#### Presupuesto Total

Descripción	Valor
INSTRUMENTOS DE MEDIDA Y CONTROL	29'640.000
HARDWARE	8'400.000
PROGRAMCACION Y SOFTWARE	8'430.000
TOTAL	46'470.000

## **ANEXOS**



## ANEXO 1. Manual de Operación del Sistema SCADA de la Planta de Asfalto el Zuque

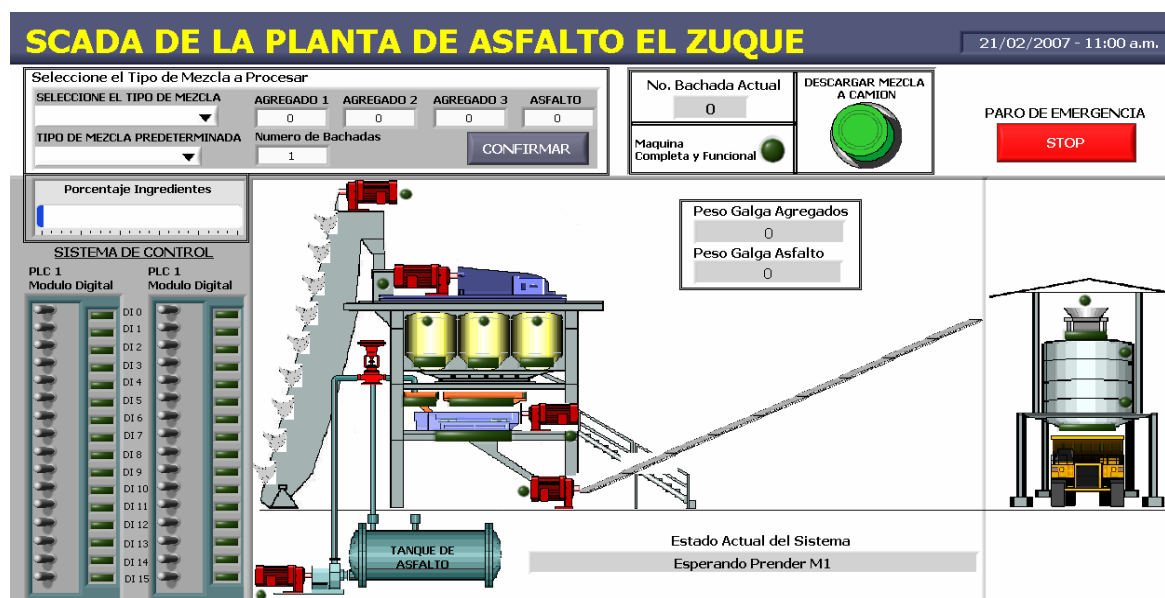
**Importante:** Antes de ejecutar la aplicación SCADA, asegúrese de leer este manual de instrucciones y que el PC donde se vaya a cargar el SCADA, esté equipado con los siguientes requerimientos de máquina y tenga instalado el software LabView:

- Procesador de 2,00 Ghz.
- Sistema Operativo Windows Xp.
- Memoria RAM de 512 MB.
- Disco Duro de 40 GB.

Para ejecutar la aplicación SCADA

Inicio → Todos los programas → Labview → Abrir → (Ingresar a la carpeta donde haya guardado el programa. Ej: Mis documentos) → “Panel Principal”.

Figura 1. Interfaz del Panel Principal del SCADA antes de iniciar el proceso de mezcla asfáltica.



El Panel Principal del SCADA, tiene un indicador en la parte inferior donde muestra el estado y proceso en el que se encuentra la planta, y en la esquina superior derecha, muestra la fecha y hora del día en el que se esta trabajando.

Figura 2. Indicador del estado en que se encuentra la planta y fecha, hora del día



Para tener en cuenta, el SCADA, tiene un paro de emergencia lo suficientemente visible. En cualquier momento o eventualidad fuera de lo común, todo el sistema pueda ser desactivado.

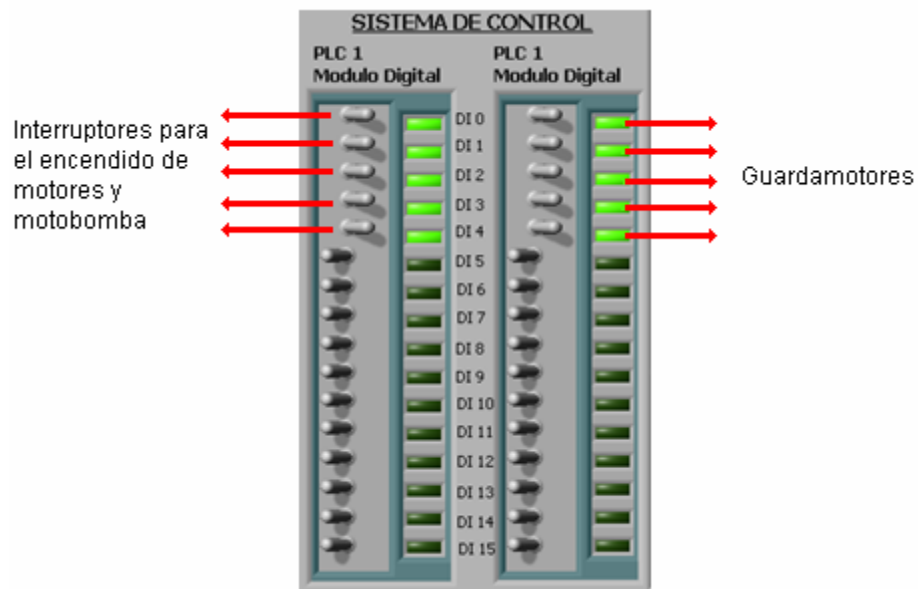
Figura 3. Paro de emergencia en de la aplicación SCADA



Para colocar la planta de asfalto en funcionamiento, es necesario que los motores de los diferentes procesos que hacen parte de la elaboración de mezcla asfáltica y la motobomba del tanque de asfalto, sean activados.

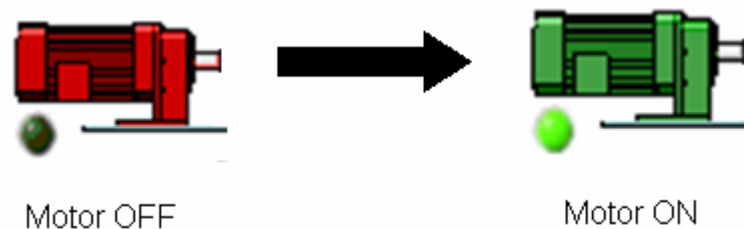
Para esto, se deben oprimir los interruptores correspondientes a cada motor. Los interruptores se encuentran ubicados en los módulos digitales que emulan el Controlador Lógico Programable (PLC). Sin embargo, para activarlos, tan solo es necesario oprimir los interruptores del modulo digital PLC 1 izquierdo (DI 0, DI 1, DI 2, DI 3, DI 4).

Figura 4. Modulo digital. Encendido de motores y motobomba de la planta.



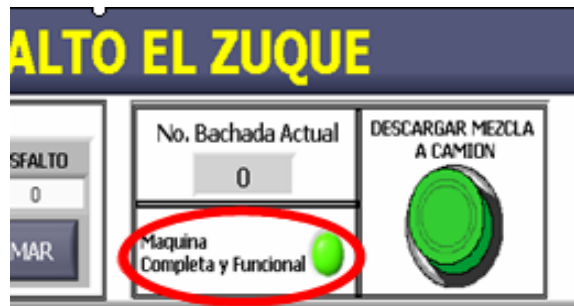
Una vez se hayan oprimidos los interruptores correspondientes a cada uno de los motores y motobomba (Figura anterior), el software activa los motores. Para indicar que los motores están funcionando correctamente, el sistema SCADA enciende un LED (sensor de movimiento) ubicado al lado de cada motor y va cambiando el color de ellos (pasan de rojo a verde).

Figura 5. Motores encendidos



Cuando todos los motores estén finalmente encendidos, el sistema SCADA enciende un LED (Máquina Completa y funcional) en el Panel Principal.

Figura 6. Indicador de máquina completa y funcional



Para iniciar la fabricación de mezcla asfáltica, el sistema de control requiere que se le indique si el tipo de mezcla a producir es predeterminada o requerida.

Figura 7. Selección del tipo de mezcla

The image shows a dialog box titled 'Seleccione el Tipo de Mezcla a Procesar'. It contains a dropdown menu labeled 'SELECCIONE EL TIPO DE MEZCLA' with a checkmark next to 'PREDETERMINADO' and 'REQUERIDO' as an option. To the right of the dropdown, there are four input fields labeled 'AGREGADO 1', 'AGREGADO 2', 'AGREGADO 3', and 'ASFALTO', each containing the value '0'. Below these fields, there is a label 'Numero de Bachadas' and an input field containing the value '1'. A 'CONFIRMAR' button is located at the bottom right of the dialog box.

Si el tipo de mezcla a producir que se le indica al SCADA es “PREDETERMINADA”, también es necesario indicarle la clase de mezcla predeterminada. Ya que la planta produce tres tipos de mezcla predeterminada (MDC1, MDC2, MDC3), al sistema SCADA se le debe indicar una de estas tres.

Figura 8. Selección del tipo de mezcla predeterminedada

Seleccione el Tipo de Mezcla a Procesar

SELECCIONE EL TIPO DE MEZCLA

AGREGADO 1 0 AGREGADO 2 0 AGREGADO 3 0 ASFALTO 0

TIPO DE MEZCLA PREDETERMINADA

Numero de Bachadas 1

CONFIRMAR

✓  
MDC1  
MDC2  
MDC3

Si el tipo de mezcla a producir que se le indica al SCADA es “REQUERIDA”, el usuario puede editar los porcentajes de cada uno de los agregados pétreos y asfalto líquido para elaborar la mezcla que necesite.

Figura 9. Digitar porcentajes cuando la mezcla es requerida

Seleccione el Tipo de Mezcla a Procesar

SELECCIONE EL TIPO DE MEZCLA

REQUERIDO

AGREGADO 1 0 AGREGADO 2 0 AGREGADO 3 0 ASFALTO 0

TIPO DE MEZCLA PREDETERMINADA

Numero de Bachadas 1

CONFIRMAR

✓  
MDC1  
MDC2  
MDC3

Una vez se le indique al sistema SCADA la mezcla que se desee, se debe digitar la cantidad de bachadas que se quieran elaborar (esta opción es necesario digitarla sin importar el tipo de mezcla que se haya escogido).

Figura 10. Digitar número de bachadas

Seleccione el Tipo de Mezcla a Procesar

SELECCIONE EL TIPO DE MEZCLA

AGREGADO 1 0 AGREGADO 2 0 AGREGADO 3 0 ASFALTO 0

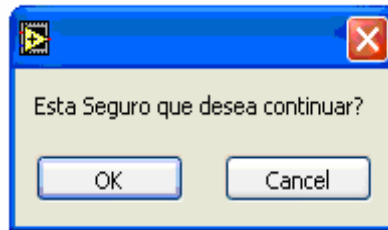
TIPO DE MEZCLA PREDETERMINADA

Numero de Bachadas 1

CONFIRMAR

Como parte de seguridad, el sistema de control le pide al operario que confirme si los datos que ha digitado son los correctos (tipo de mezcla y cantidad de batchadas). En el caso que dichos datos no sean los adecuados, el sistema de control brinda la posibilidad de corregirlos por los que se deseen.

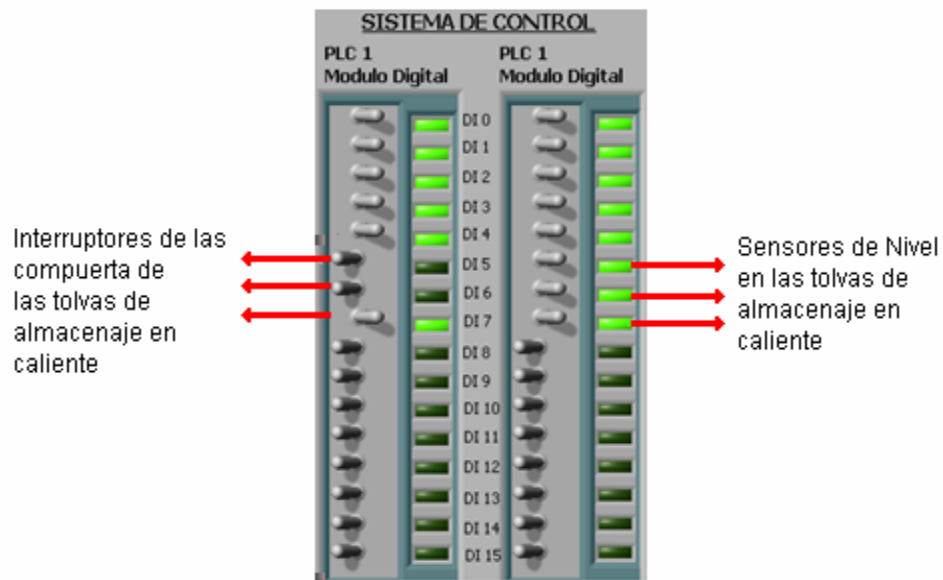
Figura 11. LabView pide confirmar los datos digitados por el usuario



Para comenzar la fabricación del producto, el sistema de control toma las señales de los sensores de nivel que se encuentran en las tolvas de almacenaje de los agregados pétreos en caliente, verificando que haya suficiente material para elaborar mezcla. Si no hay suficiente material, el sistema de control espera hasta que se le indique lo contrario. Si hay suficiente material, prosigue a abrir las compuertas de las tolvas de los agregados pétreos que se necesiten para pesarlos en la báscula correspondiente, teniendo en cuenta las cantidades para mezcla predeterminada o requerida. Posteriormente, se pesa el asfalto líquido en la otra báscula, teniendo en cuenta, de igual forma, la cantidad para la opción que inicialmente se haya escogido.

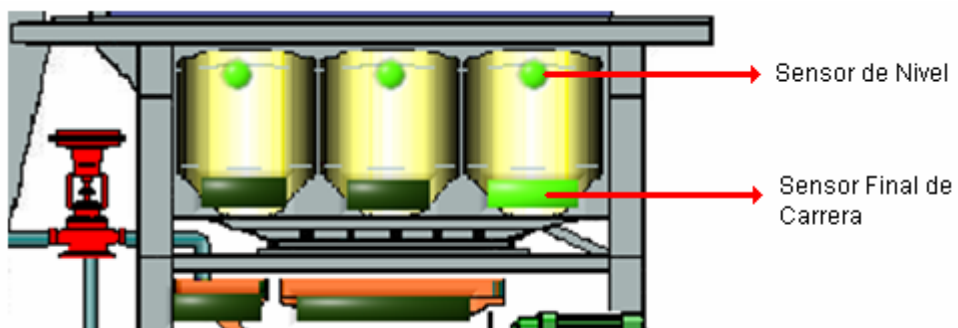
**Nota:** Como el sistema SCADA en este caso solo está emulando los procesos, el usuario debe activar los interruptores que corresponden a las señales que generan los sensores y que llegan a al módulo digital (PLC).

Figura 12. Modulo digital. Interruptores de los sensores de nivel y compuertas



Cuando se le indica al sistema SCADA que hay suficiente material en las tolvas de almacenaje en caliente, se enciende un LED (sensor de nivel) ubicado en la parte superior de cada tolva, y cuando las compuertas de las tolvas están abiertas, permitiendo el flujo de material hacia la bascula, también se enciende un LED (sensor final de carrera) indicando que la compuerta está abierta.

Figura 13. Sensores de nivel activados y compuertas abiertas



Cuando los agregado pétreos empiezan a descargarse en la báscula, el sistema SCADA muestra la galga extensiométrica cuando comienza a sensor el peso

según el porcentaje del tipo de mezcla que se haya escogido (predeterminada) o según los porcentajes que el usuario haya digitado en mezcla requerida, y muestra en otro indicador la cantidad de porcentaje que esta siendo depositada en las básculas.

Figura 14. Celda de carga sensando el peso y porcentaje de los agregados y asfalto líquido

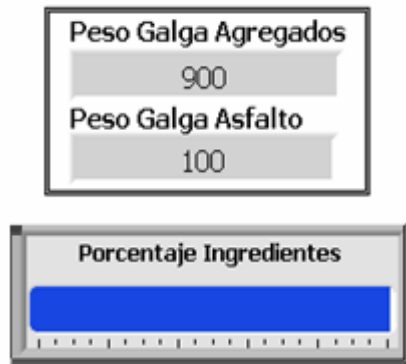


Una vez los agregados pétreos han sido depositados en la báscula correspondiente, el usuario activa la válvula de tres vías permitiendo el paso del asfalto líquido hacia la báscula de pesaje correspondiente, teniendo en cuenta el porcentaje dado.

Al tener en las dos básculas el 100% de los elementos que se necesitan para la mezcla, el sistema de control abre las compuertas de las básculas permitiendo que los agregados pétreos y asfalto líquido caigan directamente sobre el mezclador.

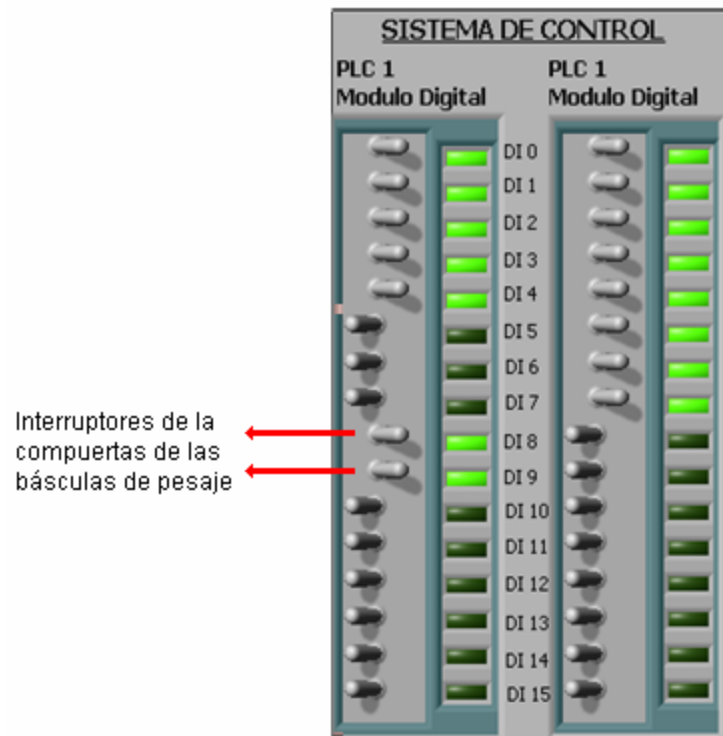


Figura 15. Celda de carga e indicador de porcentaje en el cien por ciento



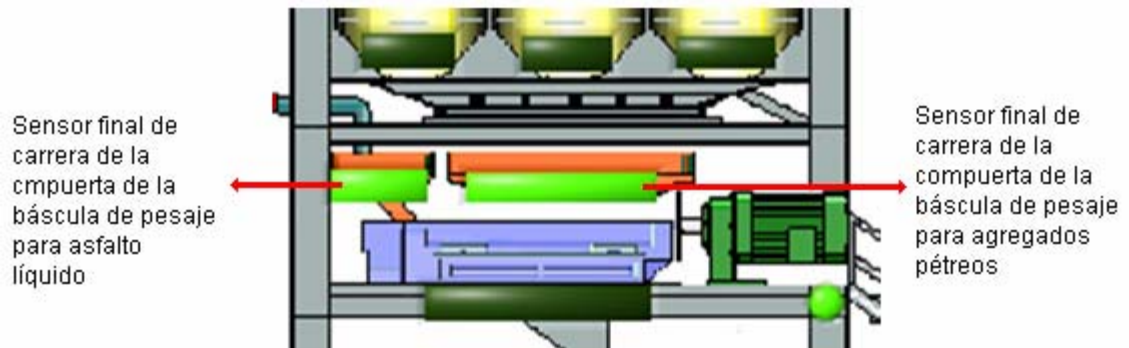
**Nota:** Como el sistema SCADA en este caso solo está emulando los procesos, el usuario debe activar los interruptores que corresponden a las señales que generan los sensores y que llegan a al módulo digital (PLC).

Figura 16. Interruptores de las compuertas de las básculas



Cuando las compuertas de las tolvas están abiertas, permitiendo el flujo de material hacia el mezclador, se enciende un LED (sensor final de carrera) indicando que la compuerta está abierta.

Figura 17. Sensores finales de carrera de las compuertas de las tolvas activados

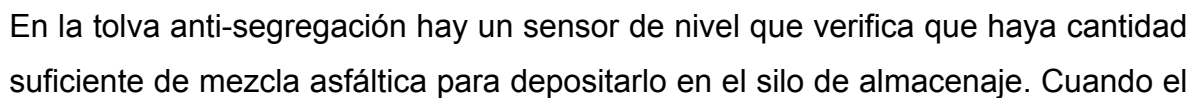


En el momento que se abren las compuertas de las básculas se empieza a contabilizar el tiempo requerido para que los elementos de la mezcla asfáltica se combinen en su totalidad.

Al haberse completado el tiempo de mezclado, el sistema de control abre la compuerta del mezclador, haciendo que la mezcla asfáltica caiga directamente en la banda elevadora, la cual transporta el producto para almacenarlo.

En el momento que se abre la compuerta del mezclador se enciende un LED (sensor final de carrera) indicando que la compuerta está abierta.

Figura 19. Indicador del número de bachada actual



sistema de control recibe la señal indicando cantidad suficiente, abre la compuerta de la tolva anti-segregación dejando caer la mezcla en el silo de almacenaje.

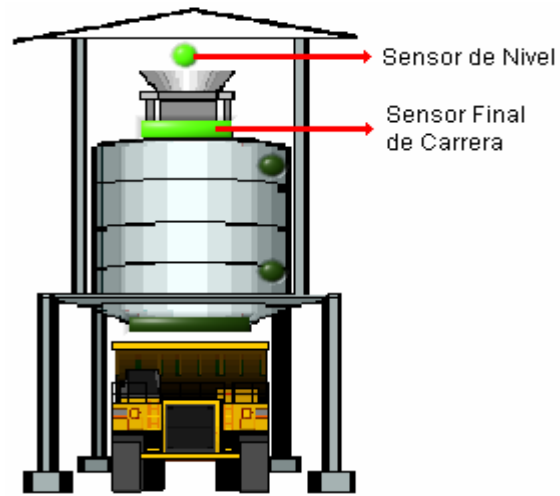
**Nota:** Como el sistema SCADA en este caso solo está emulando los procesos, el usuario debe activar los interruptores que corresponden a las señales que generan los sensores y que llegan a al módulo digital (PLC).

Figura 20. Interruptor del sensor de nivel de la tolva Anti-Segregación



Cuando se le indica al sistema SCADA que hay suficiente mezcla asfáltica en la tolva Anti-Segregación, se enciende un LED (sensor de nivel) ubicado en la parte superior de dicha tolva, y cuando la compuerta de la tolva está abierta, permitiendo el flujo de mezcla asfáltica hacia el silo de almacenaje, también se enciende un LED (sensor final de carrera) indicando que la compuerta está abierta.

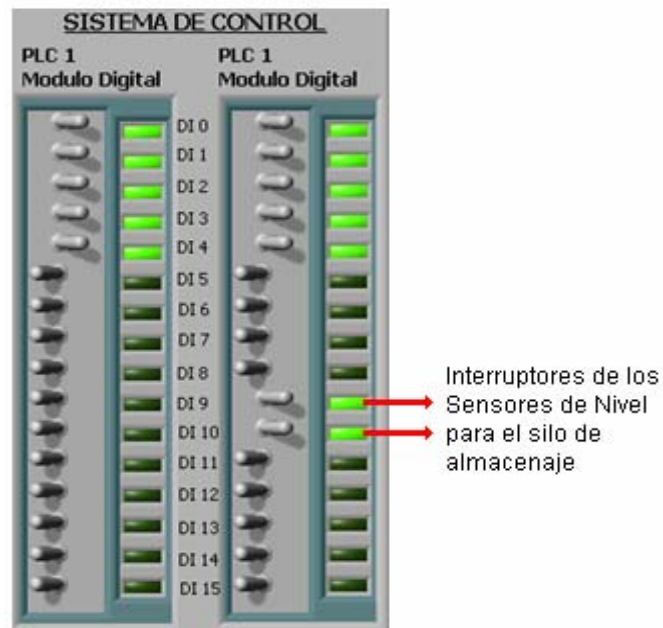
Figura 21. Sensor de nivel de la tolva Anti-Segregación y sensor final de carrera activados



En el silo de almacenaje hay dos sensores que verifican que haya suficiente mezcla asfáltica para depositar en los camiones de carga. Si el sensor ubicado en la parte lateral derecha (sensor de nivel 1) del silo no está indicando al sistema de control la cantidad suficiente, no se puede descargar la mezcla al camión.

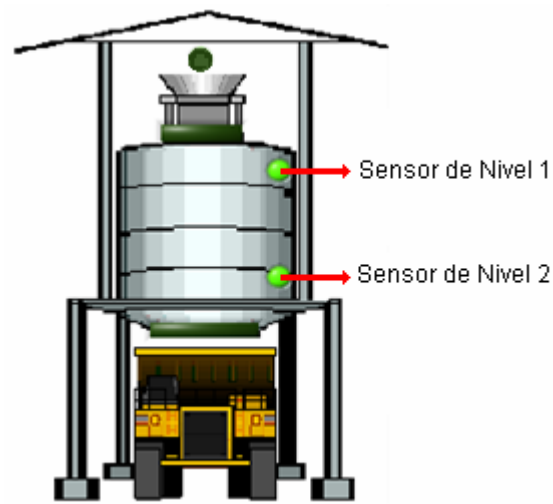
**Nota:** Como el sistema SCADA en este caso solo está emulando los procesos, el usuario debe activar los interruptores que corresponden a las señales que generan los sensores y que llegan a al módulo digital (PLC).

Figura 22. Interruptores de los sensores de nivel para el silo de almacenaje



Cuando se le indica al sistema SCADA que hay suficiente mezcla asfáltica en el silo de almacenaje, se enciende dos un LED's (sensor de nivel) ubicados en la parte lateral derecha del silo.

Figura 23. Sensores de nivel del silo de almacenaje activados



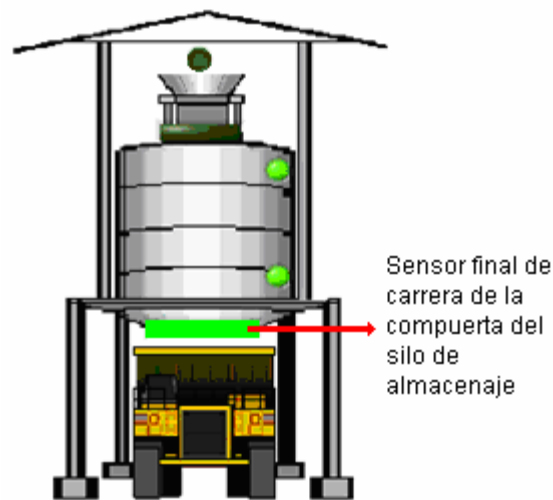
Cuando se desee descargar el producto, solo se supervisa que haya suficiente material y el operario oprime el interruptor “Descargar mezcla a camión”.

Figura 24. Interruptor para descargar mezcla al camión



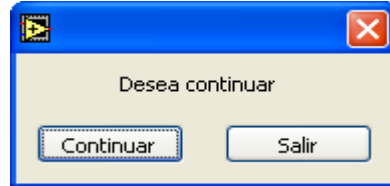
Cuando se oprime este interruptor, se abre la compuerta del silo de almacenaje y deja pasar la mezcla asfáltica hacia el camión. Cuando se abre la compuerta se enciende un LED (sensor final de carrera) indicando q la compuerta esta abierta.

Figura 25. Sensor final de carrera de la compuerta del dilo de almacenaje activado



Cuando se ha terminado la producción de mezcla asfáltica que el operario ha solicitado, el sistema de control muestra un mensaje preguntando si desea continuar con la fabricación de mezcla o si desea salir y apagar el sistema.

Figura 26. LabView pregunta si se desea continuar con la fabricación de mezcla.



El sistema de control genera un reporte por cada bachada que produzca la planta. El reporte incluye, número de bachadas solicitadas, fecha y hora, el tipo de mezcla con los diferentes porcentajes y pesos que se solicitaron. Estos reportes los envía LABVIEW a una carpeta generada por el mismo software. Esta se encuentra ubicada en “Mis documentos”, llamada “LabVIEW Data”. Los reportes son dados en documentos texto (.txt), y pueden ser vistos en formato Excel (.xls).



**ANEXO 2. Características del elevador de cangilones de la planta de asfalto el Zuque**

<b>ELEVADOR DE CANJILONES</b>	<b>Bueno</b>	<b>Trabaja</b>	<b>Malo</b>	<b>Características</b>	<b>Cant</b>
Flanches (4)	X			Ángulos de 3" X 1/4" X 2.10m	8
Flanches (4)	X			Ángulos de 3" X 1/4" X 0.70m	8
Tornillería de los flanches	X			Tornillos de 5/8" x 1 1/2" CT	180
Base Triangular del Elevador	X			Láminas de 1.50m X 1.20m X 2 X 5/16"	2
	X			Buje de $\Phi$ 7" X 1.55m en acero	1
	X			Arandelas de 5/8" X 11"	4
	X			Planchuelas de 5/8" de 0.35m X 0.25m	4
	X			Láminas de 0.12m X 0.35m X 1/4"	4
	X			Láminas en U de 1/4" de 0.33m X 0.35m	2
Base de las Chumaceras	X			Ángulos de 6" X 6" X 0.30m	8
	X			Tornillos de 5/8" X 3" CT	32
Tornillos de la chumaceras del elevador	X			Tornillos de 3/4" X 2 1/2" CT	4
Tornillos tensores de la cadena	X			Tornillo tensor de 1" X 0.40m CT Rosca rápida	2
Escalera del elevador	X			Escalera en varilla de 5/8" con platina de 1/4" X 1"	1
Shut de entrada de material		X		Ducto rectangular de 0.67m X 0.61m X 1.50m en lámina HR de 3/16"	1
Cuerpo del Elevador	X			Caja de 2.10m X 0.60m X 14.00m en lámina de HR 1/4"	1
Rueda de Pie	X			Rueda de $\Phi$ 18" X 2" (ancho)	1

				en acero 1045	
Eje de Pié	X			Eje $\Phi$ 3" X 0.83m en acero 1045	1
Chumaceras del pié del elevador		X		Chumaceras de pedestal de 3"	2
Piñón de la cadena del elevador		X		Piñón de 28 dientes de $\Phi$ 25"	1
Eje de cabeza del elevador				eje de $\Phi$ 3" X 1.10m en 1045	1
Chumacetas de la cabeza del elevador		X		Chumaceras Autoalineables de 3"	2
Juego de canjilones del elevador	X			Canjilones de acero de 0.46m x 0.25m x 0.19m	46
Cadena del elevador	X			Cadena de 3" de paso, en 3/8", L = 30.00m	1
Motor eléctrico	X			Motor Siemens de 18 H.P. de 1760 RPM con eje de 1 5/8"	1
Polea Motor		X		Polea $\Phi$ 6" de 2 canales tipo A	1
Reductor		X		Reductor pendular Dodge 1533 TXT6 con eje $\Phi$ 2 1/4"	1
Polea Reductor		X		Polea $\Phi$ 14" de 2 canales tipo A	1
Correas del elevador		X		correas tipo A de 100"	2
Carretes de soporte de cadena del elevador			X	Chumaceras de $\Phi$ 1 1/2"	8
			X	Carretes de $\Phi$ 6" X 6" en acero 1045	4
	X			eje de $\Phi$ 1 9/16" X 0.86m en 1045	4

### ANEXO 3. Características de la criba clasificadora de la planta de asfalto el Zuque

<b>CRIBA CLASIFICADORA</b>	<b>Bueno</b>	<b>Trabaja</b>	<b>Malo</b>	<b>Características</b>	<b>Cant</b>
Cuerpo de la criba		X		Criba de 1.20m X 1.50m X 3.60m en láminas de 1/4"	1
		X		Ángulos de 3" X 1/4" X 1.40m	4
		X		Ángulos de 3" X 1/4" X 1.50m	4
Tornillería de la criba		X		Tornillos de 5/8" X 1 1/2" CTA	50
Pasarela de la criba		X		Láminas alfajor cal 16 de 2.60m X 3.00m	1
				Lámina alfajor cal 16 de 0.80m X 6.10m	2
		X		Cuadrado de 1 1/2" X 8.30m	4
		X		Cuadrado de 1/2" X 1.07m	16
		X		Cuadrado de 1 1/2" X 2.60m	4
Tornillería de la pasarela		X		Tornillos de 1/2" X 1" CT	50
Motor de la criba		X		Motor Siemens de 24 H.P. de 1760 RPM con eje de $\Phi$ 1 5/8"	1
Polea del motor de la criba		X		Polea de $\Phi$ 9 1/4" de 3 canales tipo C	1
Polea de la unidad de vibración		X		Polea $\Phi$ 18" de 3 canales tipo C	1
Correas de la criba		X		Correas tipo C de 120"	3
Unidad de vibración					
Piñones de la unidad de vibración			X	Piñones de 72 dientes $\Phi$ 15", distancia entre ejes 14 13/16", ancho 2", Manzana 4", $\Phi$ hueco 3 1/2"	2
Eje motriz de la unidad de vibración		X		Eje $\Phi$ 3 1/2" X 1.35m en acero 1045 con pesa excéntrica	1
Eje de arrastre de la unidad de vibración		X		Eje de 3 1/2" X 1.35m en acero 1045 con pesa excéntrica	1

Mallas clasificadoras		X		Malla 0.90m X 1.00m X 0.008m (3/8")	1
		X		Malla 0.90m X 2.06m X 1 1/4"	1
		X		Malla 0.90m X 3.06m X 0.019m (3/4")	1
		X		Malla 0.90m X 3.06m X 1/2"	1
Soportes de las mallas		X		Soportes en ángulo de 2" X 3/16"	1
Malla con hueco de 1"			X	Malla 0.90m X 3.36m X 0.0254m	1

**ANEXO 4. Características de las tolvas dosificadoras de la planta de asfalto el Zuque**

<b>TOLVAS DOSIFICADORAS</b>	<b>Bueno</b>	<b>Trabaja</b>	<b>Malo</b>	<b>Características</b>	<b>Cant</b>
<b>Tolvas Separadoras</b>		X		Tolvas internas dentro de una tolva general	4
Estructura lateral de las tolvas		X		Láminas de 1.45m X 4.40m en HR 1/4"	2
Estructuras frontales de las tolva superior		X		Láminas de 1.45m X 1.80m en HR 1/4"	2
		X		Láminas de 1.40 X 5.50m X 1.50m en HR 1/4"	2
Chumaceras de los ejes de las compuertas		X		Chumaceras de flanche de 2 1/2"	8
Ducto de rechazo del sobretamaño		X		Ducto de 6" X 8" X 5.80m en HR 1/4"	1
Ducto de rechazo de la tolva N 1		X		Ducto de 8" X 10" X 12.00m HR 1/4"	1
Ducto de rechazo de la tolva N 2		X		Ducto de 0.30m X 0.30m X 8.00m en lámina HR de 1/4"	1
Ejes de accionamiento de las compuertas		X		Ejes de 2 1/2"	4
Brazos de accionamiento de las compuertas de las tolvas	X			Brazos de diseño especial de 0.50m	4
Compuertas		X		Compuertas en lámina en U de 5/16"	4
Gatos de las compuertas de las tolvas dosificadoras		X		Botellas neumáticas de $\Phi$ 5" X 13"	4

ANEXO 5. Características de las básculas de pesaje de la planta de asfalto el Zuque

<b>BÁSCULAS</b>	<b>Bueno</b>	<b>Trabaja</b>	<b>Malo</b>	<b>Características</b>	<b>Cant</b>
<b>Recipiente de pesaje del asfalto</b>		X		Cajón de 0.73m X 1.10m X 0.80m en lámina de 1/4", enchaquetado	
Tornillería		X		Tornillos de 1/2" X 1 1/2" CT G5	12
Grapas del recipiente de asfalto		X		Grapas de 3/4" X 0.50m C2T	4
Gato de la compuerta del recipiente de pesaje del asfalto		X		Botella neumática de $\Phi$ 2" X 8"	1
<b>Caja de básculas</b>				Caja de 1.35m X 1.65m X 1.35m en lámina HR de 1/4"	
Varillaje de la báscula de los agregados		X		Barras y varillas de la báscula de agregados	1 Juego
		X		Varilla de conexión con el reloj	1
Pesas		X		Pesas de calibración de la báscula de agregados de 10" X 8"	2
		X		Pesas de calibración de la báscula de agregados de 6" X 4"	1
Reloj de la báscula de los áridos		X		Reloj de 0 a 6000 Lbs original Cedar Rapids	1
Varillaje de la báscula del asfalto		X		Barras y varillas de la báscula de asfalto	1 Juego
	X			Varilla de conexión con el reloj	1
Pesas				Pesas de calibración de la báscula de asfalto de 6" x 4"	2
				Pesas de calibración de la báscula	1

				de asfalto de 6" X 2"	
Reloj de la báscula del asfalto		X		Reloj de 0 a 600 Lbs original Cedar Rapids	1
Soporte de los relojes		X		Lámina de 0.30m X 0.50m en HR 1/4"	2
		X		Lámina de 0.30m X 0.23m en HR 1/4"	4
Tornillería de los soportes		X		Tornillos de 5/8" X 1 1/2" CT G5	12
Platina de las básculas		X		Platinas de 3" X 3/4" X 1.30m	2
Horquillas de las básculas		X		Horquillas de 4" X 6" X 1/4"	10

ANEXO 6. Características del mezclador de la planta de asfalto el Zuque

Cuerpo del mezclador	Bueno	Trabaja	Malo	Características	Cant
		X		Lámina de 1.67m X 1.35m en HR de 1/4"	2
		X		Canal de 16" X 1.50m	2
		X		Lámina de 1.25m X 1.35m en HR de 1/4"	2
		X		Lámina de 2.75m X 0.35m en HR de 1/4"	2
		X		Lámina de 0.60m X 0.70m en HR en 1/4"	2
		X		Ángulo de 3" X 1/4" X 1.78m	2
Caja del mezclador		X		Caja de 1.70m X 1.25m X 1.00m en lámina de 1/4" con 2 chaquetas de aceite térmico	1
Tornillería de la caja del mezclador		X		Tornillos de 1 1/2" X 1/2" CTA G5	700
Compuerta de salida del mezclador		X		Canal en lámina en U de 5/16" de 1.00m X 0.30m	1
Botella de la compuerta del mezclador		X		Botella de aire de $\Phi$ 6" X 0.80m	1
Piñones de catalinas del mezclador	X			Piñones de 28" de 56 dientes	2
Eje de la catalina loca	X			Eje de $\Phi$ 4" X 1.20m en acero 1045	1
Eje de la catalina motriz	X			Eje de $\Phi$ 4" X 2.20m en acero 1045	1
Chumaceras de las catalinas		X		Chumaceras de carcaza de $\Phi$ 4"	4
Tornillos de las chumaceras		X		Tornillos de 3/4" X 10" CTWA G5	16
Motor del Mezclador		X		Motor Siemens de 60 H.P. de 1775 RPM con eje de $\Phi$ 2 1/4"	1
Acople	X			Acople directo de alma de	1



				teflón	
Polea del motor del mezclador	X			Polea de $\Phi$ 12" de 3 canales tipo C	1
Reductor del mezclador		X		Reductor DRESSER para velocidad de entrada de 1750 RPM y relación 1: 17.1 con eje de salida de 2 1/4"	1
Polea del reductor del mezclador	X			Polea de $\Phi$ 17" de 3 canales tipo C	1
Correas del mezclador	X			Correas tipo C de 96"	3
Paletas del mezclador			X	Paletas fundidas de diseño especial en acero manganeso	24
Brazos del mezclador		X		Brazos fundidos de diseño especial en acero 1045	24

ANEXO 7. Características de la banda elevadora de la planta de asfalto el Zuque

<b>BANDA ELEVADORA DE MEZCLA</b>	<b>Bueno</b>	<b>Traba</b>	<b>Malo</b>	<b>Características</b>	<b>Cant</b>
Chasis de la banda Elevadora	X			Sercha en diferentes ángulos de 1 1/2" X 1/4" y 1 1/2" X 3/16" en dimensiones trasversales de 0.90m X 0.60m	25.00m
Soporte intermedio de la estructura	X			Canal de 6" X 3.60m X 1.40m X 2	1
		X		Ángulos de 1 1/2" X 1 1/4" X 1.80m	8
Estaciones (bases de rodillos)		X		Estaciones de 3 rodillos	22
Rodillos superiores de la banda		X		Rodillos de $\Phi$ 4" X 9" en tubo de acero	66
Bases de rodillos inferiores		X		Platinas de 1/4" X 0.15m	20
Rodillos inferiores de la banda		X		Rodillos $\Phi$ 4" X 29" en tubo de acero	10
Rodillo de cola		X		Cilindro en tubo de acero de $\Phi$ 12" X 24", tapas en lámina HR de 1/4"	1
Eje del rodillo de Cola		X		Eje de $\Phi$ 2 1/2" X 44" en acero 1045	1
Chumaceras de soporte del rodillo de cola		X		Chumaceras de flanche de $\Phi$ 2 1/2"	2
Tornillos tensores de la banda		X		Tornillos de 3/4" X 0.80m con doble rosca y tuerca	1
Motor Eléctrico de la banda		X		Motor General Electric de 15 HP 1750 RPM con eje de 1 1/2"	1
Acople del motor con el eje cardan		X		Acople de estrella de 1 1/2" con alma de teflón	1
Eje Cardan		X		Eje cardan de 1 3/4" x 1.30m	1

Cruceta		X		Cruceta de 1 3/4"	1
Polea del cardan		X		Polea de $\Phi$ 7" para 2 canales tipo B	1
Rodillo de Cabeza de la banda		X		Cilindro en tubo de acero de $\Phi$ 18" X 26", tapas en lámina HR de 1/4"	1
Eje Rodillo de Cabeza		X		Eje de $\Phi$ 1 1/2" x 55" en acero 1045	
Chumacera de soporte del rodillo de cabeza			X	Chumaceras de pedestal de 2 1/2"	2
Correas de la banda en caliente		X		Correas tipo B de 120"	2
Reductor de la banda en caliente		X		Reductor pendular Dodge TDT 5 con eje de $\Phi$ 2"	1
Polea del reductor de la banda en caliente		X		Polea de $\Phi$ 10 1/2" 2 canales tipo B	
Canal de descargue de mezcla del mezclador a la banda		X		Canal de 0.60m x 0.60m X 3.00m en lámina de 1/4"	1
Mecanismo de abatimiento de la canal de descargue de mezcla del mezclador			X	Rieles de soporte con ruedas de desplazamiento y bisagras con malacate de elevación de parte de la canal	1
Banda de caucho para transportar la mezcla		X		Banda de caucho de 3 lonas de 23" X 50.00m unida con grapas	1
Cubierta de la banda de mezcla en caliente			X	Cubierta en lámina de 1/8" arqueada de 1.00m	1

#### ANEXO 8. Características del silo de almacenaje de la planta de asfalto el Zuque

<b>SILO DE ALMACENAJE</b>	<b>Bueno</b>	<b>Traba</b>	<b>Malo</b>	<b>Características</b>	<b>Cant</b>
Estructura Silo	X			I de 8" x 10" x 3.4m en 3/8"	4
	X			I de 8" x 10" x 3.7m en 3/8"	2
	X			I de 8" x 10" x 2.9m en 3/8"	2
	X			Angulo de 4" x 4m en 3/8	4
Recipiente de almacenamiento del Silo	X			Cilindro de $\Phi$ 2.60m X 3.70m de altura en lámina HR de 1/4", recubierto con fibra de vidrio y lámina calibre 18	1
Gatos de de descargue a volqueta	X			Cilindros neumáticos de $\Phi$ 6" X 18"	2
Compuertas de salida del silo		X		Canales en lámina en U de 5/16" de 1.00m X 0.30m	2
Tolva de Antisegregación			X	Cajón de 1.10m X 1.10m X 0.60m en lámina HR de 1/4"	1
Compuerta de salida de la tolva anti-segregación hacia el silo			X	Compuerta arqueada de 1.40m X 0.40m en lámina HR de 1/4"	1
Eje de volteo de la compuerta entrada al silo desde la tolva			X	Eje $\Phi$ 2 1/2" x 1.40m en acero 1020	1
Gato de descargue de la tolva anti-segregación al silo			X	Cilindro neumático de $\Phi$ 6" X 13"	1

Sensor de llenado de la tolva anti-segregación			X	Sensor de llenado por proximidad o por movimiento o por cualquier otro método que cierre y/o abra un circuito eléctrico a determinado nivel de llenado, con el fin de accionar la compuerta de descargue a dicho nivel, cada vez que se llene	1
Estructura de la plataforma del silo	X			Vigas en I de 8" X 10" X 6.10m en 3/8"	2
				Canales de 8" x 2.60m en 1/4"	2

ANEXO 9. Características de la línea de asfalto de la planta de asfalto el Zuque

LÍNEA DE ASFALTO	Bueno	Traba	Malo	Características	Cant
Tanque de Asfalto 1	X			Tanque de $\Phi$ 2.30m X 9.10m en lámina HR de 1/4", recubierto con fibra de vidrio de 2" y lámina calibre 18	1
Tanque de Asfalto 2	X			Tanque de $\Phi$ 2.30m X 9.10m en lámina HR de 3/16", recubierto con fibra de vidrio de 1 1/2" y lámina HR cal. 18	1
Tanque de Asfalto 3			X	No existe	1
Valvulas de salida del asfalto de cada tanque	X			Válvulas de palanca de 4", flanchadas	2
Tubería de inyección del asfalto	X			Tubería de acero $\Phi$ 4", enchaquetada	25.00m
	X			Manguera de acero, enchaquetada, de $\Phi$ 6" X 1.50m, con conexiones de flanche	1
Botella Paso de Asfalto	X			Botella neumática de $\Phi$ 3" X 13"	
Válvula de 3 vías del asfalto		X		Válvula de 3 vías de $\Phi$ 4", enchaquetada, operada por palanca movida por botella neumática	1
Gato de la válvula de 3 vías		X		Botella neumática de $\Phi$ 3" X 14"	1
Botella de descargueal mezclador	X			Botella neumática de 2" X 9"	1
Flanches de conexión de la tubería de asfalto				Juegos de flanches de acero de 4" con empaques	12

Bomba de inyección de asfalto al quemador		X	Bomba VIKING M32V de 4", enchaquetada, con eje de $\Phi$ 1 5/8"	1
Chumacera de soporte del eje de la bomba		X	Chumacera de pedestal de 1 5/8"	1
Polea de la bomba de asfalto		X	Polea de $\Phi$ 20" de 2 canales Tipo B	1
Correas de la bomba de inyección de asfalto		X	Correas tipo B DE 81"	2
Motor de la bomba de inyección de asfalto		X	Motor BALDOR de 7.5 H.P. a 1160 RPM con eje de 1 1/2"	1
Polea de motor de la bomba de asfalto		X	Polea de $\Phi$ 7" de 2 canales Tipo B	
Bomba de descargue de asfalto a los tanques		X	Bomba VIKING L32V de $\Phi$ 2", enchaquetada, con eje de 1 1/2"	1
Chumacera de soporte del eje de la bomba		X	Chumacera de pedestal de 1 1/2"	1
Motor de la bomba de descargue de asfalto		X	Motor SIEMENS de 5 H.P. a 1800 RPM, con eje de 1 5/8"	1
Polea del motor de la bomba de descargue		X	Polea de $\Phi$ 5 1/2" de 2 canales Tipo B	1
Correas de la bomba de descargue de asfalto		X	Correas tipo B de 68"	2
Polea de la bomba de descargue de asfalto		X	Polea de $\Phi$ 12" de 3 canales Tipo B	1
Tubería de descargue de asfalto		X	Tubería de acero de 2" calibre 40, enchaquetada en tubería de 3"	6.70m
Aditamentos		X	Universales de 3/4"	5
		X	Universales de 2"	4
Recipiente de descargue de asfalto		X	Recipiente de 0.50m X 0.50m X 0.50m en lámina HR de 3/16" con tapa	1

**ANEXO 10. Características de la línea de aire comprimido de la planta de asfalto el Zuque**

<b>LÍNEA DE AIRE COMPRIMIDO</b>	<b>Bueno</b>	<b>Traba</b>	<b>Malo</b>	<b>Características</b>	<b>Cant</b>
Compresores		X		Compresores DEO 395 - 1 de 200 PSI con ejes de $\Phi$ 1 3/4"	2
Motores de los compresores		X		Motores G. E. de 10HP de 1740 RPM con ejes de $\Phi$ 1 1/4"	2
Registros		X		Registros de cortina de 1"	2
Registros de drenaje		X		Registros de drenaje de 1/2"	2
válvulas de seguridad		X		Válvulas de seguridad de 3/4"	2
Manómetros		X		Manómetros de 0 a 300 PSI NPT 1/4"	2
		X		Manómetros de 0 a 60 PSI NPT 1/4"	2
Poleas de los cabezotes		X		Poleas de $\Phi$ 20" de 3 canales tipo B	2
Poleas de los motores		X		Poleas de $\Phi$ 9" de 3 canales tipo B	2
Correas		X		Correas de 98" tipo B	6
Manguera de aire		X		Manguera de caucho reforzado para aire de $\Phi$ 3/4"	60.00m
Válvulas de paso		X		Válvulas de bola de 3/8"	4
Tees de repartición		X		Tee de 3/8" HG	10
Registro de paso		X		Registro de 3/4"	1
Regulador de aire		X		Unidad de regulación de presión con filtro y drenaje y con manómetro de 0 a 150 PSI	1
Válvulas de control		X		Electroválvulas de control para mandos desde la consola en la cabina	10
Pulsadores para abrir y cerrar compuertas y/o válvulas de desvío		X			10



## ANEXO 11. Datos técnicos del Controlador Lógico Programable

### Datos técnicos CPU 226, CPU 226 XM

Memoria de programa	
• CPU 226	8 kbytes
• CPU 226 XM	16 kbytes
Memoria de datos	
• CPU 226	5 kbytes
• CPU 226 XM	10 kbytes
Cartucho de memoria (opcional)	1 cartucho de memoria enchufable; contenido idéntico al de la EEPROM integrada
Respaldo del programa	todo el programa libre de mantenimiento en la EEPROM integrada, programable vía CPU
Respaldo de los datos	todo el DBSP1 cargado del PG/PC, libre de mantenimiento, en la EEPROM integrada
	valores act. del DB 1 en la RAM, marcas reman., temporizadores, contadores etc. libre de manten. gracias a un condensador de alto rendimiento; pila opcional para respaldo a largo plazo
Autonomía	190 h (min. 120 h con 40 °C) 200 días (tip.) con módulo de batería opcional

Lenguaje de programación	KOP, FUP y AWL
Organización del programa	1 OB, 1 DB, 1 SDB subrutinas con/sin transferencia de parámetros
Ejecución del programa	ciclo libre (OB 1) • controlada por alarma • control. por tiempo (1 a 255 ms)
Número máx. de subprogramas	64
Protección de programa de usuario	contraseña a 3 niveles
Juego de operaciones	Funciones lógicas, asignación de resultados, operac. de temporización, operac. de conteo, operac. cronométricas, aritmética en coma fija, aritmética en coma flotante, funciones numéricas, operaciones de transferencia, funciones lógicas, funciones de transferencia, operac. de tablas, operaciones combinatorias, operac. de rotar, registros de desplazamiento, operac. de conversión, operac. de control de programas, operac. de comunicación e interrupciones, operac. de pila

# Datos técnicos CPU 226, 226 XM (continuación)

Tiempos de ejecución para operaciones al bit	0,37 µs
Vigilancia de la duración del ciclo	a 300 ms, redispensible
Marcas	256
• de ellas, remanentes	0 a 112 en EEPROM, ajustable; 0 a 256, mediante condensador de alto rendim. o pila, ajustable
Contadores	256
• de ellos, remanentes	256, mediante condensador de alto rendimiento o pila, ajustable
• rango	0 a 32767
Temporizadores	256
• de ellos, remanentes	64, mediante condensador de alto rendimiento o pila, ajustable
• rango	4 temporizadores 1 ms a 30 s 16 temporiz. 10 ms a 5 min 236 temporiz. 100 ms a 54 min
Funciones de alta velocidad integradas	
• entradas de alarma	4 (4 flancos ascendentes y/o 4 flancos descendentes)
• contadores	6 contadores rápidos (30 kHz cada uno), 32 bits (incl. signo), utiliz. como contadores hacia delante o hacia atrás o para conectar 2 encoders con 2 trenes de impulsos desfasados 90° (máx. 20 kHz (contador A/B)); entrada de habilit. y puesta a cero parametrizable; posibilidad de generar interrupción, alarma (inc. llamada de un subprograma de contenido arbitrario) al alcanzarse el valor preseleccionado, inverso de la dirección de conteo, etc. inversión de la dirección de conteo, etc.
• salidas de impulsos	2 salidas rápidas, 20 kHz, con posibilidad de interrupción; modulación del ancho de impulsos y de la frecuencia
Puertos	2 puertos de comunicación RS 485, a elección:
	como puerto PPI con protocolo PPI para funciones de programación, funciones HMI (TD 200, OP), comunicación interna CPU/CPU del S7-200; velocidades de transm. de 9,6/19,2/187,5 kbit/s
	• o como MPI esclavo para intercambiar datos con MPI maestros (S7-300/S7-400-CPU, OPs, TDs, paneles de pulsadas); la comunicación interna del S7-200 CPU/CPU no es posible en la red MPI; velocidad de transmisión 19,2/187,5 kbit/s
	• o como puerto libremente programable con posibilidad de interrupción para comunicación serie con dispositivos externos, p. ej. con protocolo ASCII: velocidades de transmisión de 0,3/0,6/1,2/2,4/4,8/9,6/19,2/38,4 kbits/s; con 1,2 a 38,4 kbits/s se puede utilizar el cable PC/PPI como convertidor RS232/RS485

Puertos (continuación)	Bus de ampliación	
	- conexión de módulos de ampliación (EM) <sup>1)</sup> Sólo se pueden utilizar EMs de la serie S7-22x	
Unidades de programación/PC compatibles	SIMATIC PG/PC, PC estándar	
Entradas/salidas integradas		
• bornes E/S enchufables	sí	
• entradas digitales	24	
• salidas digitales	16	
• potenciómetros analógicos	2 potenciómetros analógicos; resolución de 8 bits	
Cantidad máx. de entr./salidas		
• entradas y salidas digitales	128 entradas y 120 salidas	
• entradas y salidas analóg.	28 entradas y 7 salidas o 0 entradas y 14 salidas	
• entradas/salidas AS-Interface, máx.	31 esclavos AS-Interface máx. (CP 243-2)	
Expansibilidad, máx.	7 módulos de ampliación <sup>1)</sup> , sólo se pueden utilizar módulos de ampliación de la serie S7-22x	
Grado de protección	IP 20 según IEC 529	
Temperatura ambiente		
• montaje horizontal	0 a 55 °C	
• montaje vertical	0 a 45 °C	
Humedad relativa del aire	5 a 95% (RH grado de severidad 2 según IEC 1131-2)	
Presión atmosférica	860 a 1080 hPa	
Otras condiciones ambientales	véase "Sistema de automatización S7-200, Manual del sistema"	
<b>Alimentación:</b>	<b>24 V DC</b>	<b>100 a 230 V AC</b>
<b>Entradas:</b>	<b>24 V DC</b>	<b>24 V DC</b>
<b>Salidas:</b>	<b>24 V DC</b>	<b>Relé</b>
Tensión de alimentac. L+/L1		
• valor nominal	24 V DC	100 a 230 V AC
• rango permitido	20,4 a 28,8 V	85 a 264 V AC (47 a 63 Hz)
Intensidad de entrada, tip.		
• intensidad al conectar, máx.	10 A con 28,8 V	20 A con 264 V
• consumo, máx.	150 a 1050 mA	40 a 160 mA (240 V) 80 a 320 mA (120 V)
Tensión de salida para sensores y actuadores		
• valor nominal	L+ (24 V DC)	24 V DC
• rango permitido	15,4 a 28,8 V	20,4 a 28,8 V
Intensidad de salida para sensores (24 V DC)		
• valor nominal	400 mA	400 mA
• protección de cortocircuito	electrónica a 1,5 A a aprox	electrónica a 1,5 A a aprox
Intensidad de salida para módulos de expansión	1000 mA	1000 mA

1) Debido a la intensidad de salida limitada puede estar restringido el número de módulos de ampliación aplicables.



**Datos técnicos CPU 226, 226 XM (continuación)**

<b>Alimentación:</b>	<b>24 V DC</b>	<b>100 a 230 V AC</b>
<b>Entradas:</b>	<b>24 V DC</b>	<b>24 V DC</b>
<b>Salidas:</b>	<b>24 V DC</b>	<b>Relé</b>
<b>Entradas integradas</b>	<b>24</b>	<b>24</b>
• tipo	a elección de tipo p y de tipo m por grupo	a elección de tipo p y de tipo m por grupo
Tensión de entrada		
• valor nominal	24 V DC	24 V DC
• con señal "1", min.	15 V	15 V
• con señal "0"	de 0 a 5 V	de 0 a 5 V
Aislamiento galvánico	optoacoplador	optoacoplador
• en grupos de	13 y 11	13 y 11
Intensidad de entrada		
• valor nominal con señal "1"	4 mA	4 mA
Retardo de entrada (para tensión de entrada nominal)		
• Para entradas estándar	ajustable todos de 0,2 a 12,8 ms	ajustable todos de 0,2 a 12,8 ms
• Para entradas de alarmas	(E0.0 o E0.3)	(E0.0 o E0.3)
• P. contadores rápidos máx.	(E0.0 a E1.5) 30 kHz	(E0.0 a E1.5) 30 kHz
Conexión de detector BERO a 2 hilos		
• Intensidad de reposo admisible, máx.	1 mA	1 mA
Longitud cables		
• no apantallados (no aptos para señales de alta velocidad)	300 m	300 m
• apantallados		
- entrada estándar	500 m	500 m
- Contadores rápidos	50 m	50 m
<b>Salidas integradas</b>	<b>16 (transistor)</b>	<b>16 (relés)</b>
	conectables en paralelo para intensidades de salida mayores	
Tensión nom. de carga L+/L1	24 V DC	24 V DC/ 24 a 230 V AC
• rango permitido	20,4 a 28,8 V DC	5 a 30 V DC/ 5 a 250 V AC
Tensión de alimentación		
• con señal "1", min.	20 V DC	L+/L1
Aislamiento galvánico	optoacoplador	relé
• en grupos de	8 y 8	4, 5 y 7
Intensidad de salida máx.		
• con señal "1"		
- valor nominal a 40 °C	0,75 A	2 A
- valor nominal a 55 °C	0,75 A	2 A
- Intensidad mínima	-	-
• con señal "0"	10 µA	0 mA

<b>Alimentación:</b>	<b>24 V DC</b>	<b>100 a 230 V AC</b>
<b>Entradas:</b>	<b>24 V DC</b>	<b>24 V DC</b>
<b>Salidas:</b>	<b>24 V DC</b>	<b>Relé</b>
Intensidad total de todas las salidas (montaje horizontal)		
• a 40 °C, máx.	6,0 A	10,0 A
• a 55 °C, máx.	6,0 A	10,0 A
Retado a la conexión		
• de las salidas estándar, máx.	(A0.2 a A1.1) 15 µs	(todas las salidas) 10 ms
• de las salidas de impulso, máx.	(A0.0 a A0.1) 2 µs	-
Retardo de desconexión		
• de las salidas estándar, máx.	(A0.2 a A1.1) 100 µs	(todas las salidas) 10 ms
• de las salidas de impulso, máx.	(A0.0 a A0.1) 10 µs	-
Frecuencia de conmutación de las salidas de impulsos	(A0.0 a A0.1)	(A0.0 a A0.1)
• con carga óhmica	20 kHz	-
Poder de corte de las salidas		
• con carga óhmica	0,75 A	2 A
• con carga de lámparas	5 W	30 W para DC 200 W para AC
Duración de los contactos (nº de ciclos de maniobra según VDE 0660, parte 200)		
• mecánicas	-	10 millones
• con tensión nominal de carga	-	100.000
Limitación de la tensión inductiva de corte, máx.	1 W	-
Protección de cortocircuito	preverla externamente	preverla externamente
Longitud cables		
• sin pantalla	150 m	150 m
• apantallados	500 m	500 m
Aislamiento		
• entre 24 V DC y 5 V DC	500 V DC	500 V DC
• entre 24 V DC y 230 V AC	--	1500 V AC
Dimensiones (A x A x P) en mm	196 x 80 x 62	196 x 80 x 62
Peso, aprox.	550 g	660 g

## ANEXO 12. Datos técnicos del panel táctil TP 170A (IHM)

<b>Pantalla</b>	STN retroiluminada por CCFL (Cold Cathode Fluorescence Lamps)
• Tamaño en pulgadas / anch. x alt. en mm	5,7" / 116 x 87
• Resolución (pixel) / colores	320 x 240 / Blue Mode (4 niveles de azul)
• MTBF de la retroiluminación (con 25 °C)	50.000 h (corresponde a unos 6 años funcionando los 24 horas del día)
<b>Tipo de teclado</b>	táctil (analógico/resistivo)
• Teclas de función programables y rotulables	-
• Teclas de sistema	-
• Numéricas / alfanuméricas	s/A-F
<b>Procesador</b>	32 Bit RISC/66 MHz
<b>Sistema operativo</b>	Microsoft Windows CE
<b>Memoria<sup>1)</sup></b>	Flash, integrada
• libre para datos de usuario	320 Kbytes (para configuración ProTool)
<b>Puertos</b>	
• Serie	IF1A: RS 232; IF1B: RS 422, RS 485 (1,5 Mbits/s)
• Slot para tarjetas compactas flash	-
<b>Impresora</b>	-
Conexión a PLC	SIMATIC S7, SIMATIC WinAC® Soft-/Slot-PLC (Versión 3.0 ó superior), SIMATIC S5, SIMATIC 505, Allen Bradley, Mitsubishi FX, Télémécanique (Uni-Telway), AEG Modicon (Modbus), Omron (Host-/Multilink), GE Fanuc, Lucky Goldstar, vía PROFIBUS-DP (integrado) también a SIMATIC S7/WinAC
<b>Tensión de alimentación</b>	24 V DC (+18 ... +30 V)
• Consumo, típ.	aprox. 240 mA a 24 V
<b>Reloj</b>	Reloj hardware no respaldado (posibilidad de sincronización automática de reloj con la CPU)
<b>Dimensiones</b>	
• Placa frontal, anch. x alt. en mm	212 x 156
• Recorte en panel, anch. x alt. x prof. en mm	198 x 142 x 45
<b>Peso</b>	aprox. 0,7 kg
<b>Temperatura</b>	
• Funcionamiento: montaje vertical / inclinado hasta máx. 35°	de 0 a +50 °C / de 0 a +40 °C
• Transporte/almacenamiento	de -20 a +60 °C
<b>Humedad relativa del aire</b>	máx. 85 %; en servicio sin condensación
<b>Grado de protección en lado anterior / posterior</b>	IP 65 / IP 20
<b>Certificados</b>	CE/UL/CSA/FM/Nema 12
<b>Funcionalidad<sup>1)</sup></b>	Todos los valores indicados son los máximos de la función respectiva. La suma de los elementos puede estar limitada por el tamaño de la memoria de usuario.
• Variables	500
• Avisos/alarmas	1.000 / -
• Búfer de avisos/alarmas (volátil)	-
• Imágenes de proceso	50
– Objetos gráficos	200, gráficos bitmap
– Objetos dinámicos	Campos de entrada/salida, campos de fecha/hora, botones de estado para teclas táctiles e indicadores luminosos, diagramas de barras, visualización de figuras
– Variables por imagen	20
– Elementos de texto	1.000
• Juegos de caracteres	fuentes True Type, libremente escalable
• Recetas	-
• Textos informativos	-
• Idiomas online	1 (21 idiomas disponibles en el runtime también chino, coreano, taiwanés o ruso)
• Protección por contraseña	2 niveles
<b>Configuración</b>	Software de configuración SIMATIC ProTool/Lite, ProTool® o ProTool/Pro®; bajo Windows 98SE/ME/NT 4.0/2000

## ANEXO 13. Datos técnicos del sensor de nivel

### Las ventajas del VEGAPULS 68

	Medida con VEGAPULS 68
Medida sin contacto	■
Tecnología de dos hilos	■
Medida durante el llenado	■
Insensible al polvo	■
Insensible a las corrientes de aire	■
Insensible al ruido	■
Insensible a las cargas mecánicas	■
Insensible a las características del producto	■
Medida fiable en silos de pequeño diámetro	■
Montaje fácil	■
Rango de medida > 30 m	■
Ideal para altas temperaturas	■
No requiere ningún tipo de mantenimiento	■

### Hechos convincentes en un vistazo

Rango de medida	máx. 70 m
Rango dinámico	aprox. 110 dB
Precisión	aprox. 15 mm
Tiempo de respuesta	2-4 segundos
Conexión eléctrica	2 hilos, 4 ... 20 mA (HART)
	4 hilos, 20 ... 250 V/AC, 20 ... 72 V/DC, 4 ... 20 mA (HART)
	Profibus PA
	Foundation Fieldbus
Rango de frecuencias	Banda K
Certificados	ATEX II 1G, ½G, 2G EEx ia IIC T5
	ATEX II ½D IP6X T

## ANEXO 14. Datos técnicos de la sonda de movimiento

### Protección de procesos Sensores acústicos y de movimiento

#### Guía de selección de instrumentos para protección de procesos

Criterios	SITRANS DA400	SITRANS AS 100
Industrias típicas	Áridos, minería, aguas/aguas residuales, química/petroquímica	Áridos, cereales, cemento, procesamiento de alimentos, generación energética, industria del acero
Aplicaciones comunes	Bombas volumétricas alternativas, como bombas de pistón-membrana, de pistón y bombas peristálticas.	Tubos, transportadores neumáticos, transportadores gravimétricos aireados, deterioro de filtros
Funcionamiento	Detección acústica de cavitación	Detección acústica
Caja	Caja de la electrónica, Makrolon IP65, sensor, acero inoxidable mat. núm.1.4571 (316Ti SST)	Compacta, acero inoxidable mat. núm. 1.4301/304 o 1.4305/303, protección IP68
Montaje del sensor	Atornillado en el exterior de la caja de la bomba	Sensor no intrusivo: puede pegarse, soldarse, atornillarse o instalarse con pernos
Temperatura de funcionamiento	Electrónica -20 a +60 °C (-4 a +140 °F) Sensor -20 a +110 °C (-4 a +230 °F)	-20 a +80 °C (-4 a +176 °F)*
Alimentación eléctrica	19 a 36 V DC, < 100 mA	20 a 30 V DC, 18 mA
Certificados y homologaciones	CE, conforme con PROFIBUS DP	CE, FM/CSA Clase II, Div. 1, Grupos E, F, G (opción), ATEX II 3D (opción)




\* Modelo con rango de temperatura extendida, -40 a +125 °C (-40 a +257 °F) (versión CE)

Criterios	Milltronics MFA 4p	Milltronics Millpulse 600	Milltronics ZSS
Industrias típicas	Áridos, cemento, minería, aguas residuales, cereales	Áridos, cemento, minería	Áridos, cemento, minería
Aplicaciones comunes	Poleas impulsadas, poleas receptoras, ejes motores, transportadores de tornillo, elevadores de cangilones	Poleas impulsadas, poleas receptoras, ejes motores, transportadores de tornillo, elevadores de cangilones	Poleas impulsadas, poleas receptoras, ejes motores, transportadores de tornillo, elevadores de cangilones
Funcionamiento	Detección de movimiento	Detección de movimiento	Detección de movimiento
Caja	Tipo 4X / NEMA 4X / IP65 policarbonato	Tipo 4X / NEMA 4X / IP65 aluminio	Resina fenólica / aluminio
Montaje del sensor	Sondas sin contacto, fijación mediante brida suministrada	Sin contacto, fijación mediante brida suministrada	Sin contacto, fijación mediante brida suministrada
Temperatura de funcionamiento	-20 a +50 °C (-4 a +122 °F)**	-40 a +60 °C (-40 a +140 °F)	-40 a +60 °C (-40 a +140 °F)
Alimentación eléctrica	100/115/200/230 V AC ± 10% 50/60 Hz, 15 VA	Interruptor, 18 a 48 V AC/DC o 60 a 135 V AC/DC	115 o 230 V AC ± 10% 50/60 Hz, 10 VA
Certificados y homologaciones	CSA <sub>US/CA</sub> , CE	CSA aplicación general, no cumple la normativa CE	CSA aplicación general, no cumple la normativa CE

\*\* Sondas para temperaturas de -40 a +260 °C (-40 a +500 °F)



## ANEXO 15. Datos técnicos de los sensores fines de carrera

Tipo	3SE2 1, 3SE2 2, 3SE2 3, 3SE2 4, 3SE3 0					
Normas	IEC 60 947-5-1, EN 60 947-5-1 (VDE 0660 Teil 200)					
Tensión de aislamiento $U_i$	500V					
Grado de ensuciamiento según DIN/VDE 0110	Clase 3					
Tensión de servicio $U_g$	500Vca; mayor de 380V solo con igual potencial					
Corriente térmica convencional $I_{th}$	10 A					
Corriente de servicio $I_g$	corriente alterna 40 bis 60 Hz			corriente continua		
	$U_g$	$I_g/AC-12$	$I_g/AC-15$	$U_g$	$I_g/DC-12$	$I_g/DC-13$
	V	A	A	V	A	A
	24	10	10	24	10	10
	125	10	10	48	6	4
	230	10	6	110	4	1
	400	10	4	220	1	0,4
	500	10	3	440	0,5	0,2
Protección contra cortocircuito <sup>1)</sup> , Con fusibles DIAZED						
• clase de servicio gL/gG	6 A					
• característica rápida	10 A					
Vida útil mecánica	30 x 10 <sup>6</sup> Maniobras (15 x 10 <sup>6</sup> para 3SE3 2...-8 ...)					
Vida útil eléctrica						
• con contactores 3RH11, 3RT10 16 hasta 3RT10 26	10 x 10 <sup>6</sup> Maniobras (1,8 x 10 <sup>3</sup> para 3SE2...-8...)					
• en categoría de uso AC-15	0,5 x 10 <sup>6</sup> maniobras al desconectar con $I_g/AC-15$ con 230V					
• en categoría de uso DC-13	en corriente continua la vida útil de los contactos no solo depende de la corriente de desconexión sino también de la tensión, de la inductividad del circuito y de la velocidad de maniobra. Datos generales válidos no son posibles.					
Frecuencia de maniobra	6 x 10 <sup>3</sup> maniobras/hora Con contactores 3RH11, 3RT10 16 hasta 3RT10 26					
Exactitud de conexión	0,05 mm; en maniobras repetidas, medido en el vástago					
Punto de conexión en elementos de Contacto de salto	independiente del desgaste, constante por toda la vida útil					
  y  Datos nominales						
• tensión nominal	600V (300 para SE 2...-8 ...)					
• corriente permanente	10 A					
• capacidad de corte	Heavy Duty, A 600/Q 600 (A300/Q300 para 3SE2...-8 ...)					
Tipo	3SE2 200	3SE2 230	3SE2 210	3SE2 120	3SE2 100, 3SE2 303, 3SE2 404	3SE3 0
Carcasa	Plástico térmico reforzado con fibra de vidrio			Aluminio (GD-A/Si 12)		–
Protección según IEC 60 529 (VDE 0470 parte 1)	IP 67	IP 66	IP 67	IP 67	IP 67	IP 20
Temperatura ambiente (en servicio)	-30 ... +85 °C					
Posición de montaje	Cualquiera					
Entrada de conductores	1 x (M 20 x 1,5)		2 x (M 20 x 1,5)	1 x (M 20 x 1,5)	3 x (M 20 x 1,5)	–
Sección de los conductores						
- unifilar	2 x 2,5 mm <sup>2</sup>					
- multifilar con manguito	2 x 1,5 mm <sup>2</sup>					
Conexión de puesta a tierra dentro de la carcasa	–		M 3,5			–

## ANEXO 16. Datos técnicos de la celda de carga

### Células de carga SIWAREX R - Serie SB

#### Células de carga

##### Síntesis



La célula de carga de varilla a cizallamiento resulta ideal para básculas de depósito, colgantes y de plataforma.

##### Construcción

El elemento de medida es una pieza elástica de acero inoxidable sometida a cizallamiento, que está instrumentada con galgas extensométricas (GEX). Las GEX se encuentran situadas a 45° por debajo del eje longitudinal, en el lateral del elemento flexible estando sometidas a esfuerzos cortantes. La carga que actúa en el sentido de medida hace que el cuerpo elástico y las GEX asociadas a él experimenten una deformación, lo cual genera una tensión proporcional a la carga.

##### Datos técnicos

###### Células de carga SIWAREX R, serie SB

Campos de aplicación	Básculas de depósito, cinta, colgantes o plataforma
Forma constructiva	Varilla a cizalladura
Carga nominal/ máx. $E_{max}$	0,5/1/2/5 t
Clase de precisión según OIML R60	C3
División máx. $n_{LC}$	3000
División mín. $V_{min}$	$E_{max}/10000$
Rango de aplicación mín. $R_{min(LC)}$	30%
Error combinado $F_{comb}$	$\leq \pm 0,02\% C_n$
Variabilidad $F_V$	$\leq \pm 0,01\% C_n$
Retorno de la señal cero	$\leq \pm 0,0167\% C_n^{(1)}$
Error de deriva $F_{dr}$	
• 30 min	$\leq \pm 0,0245\% C_n^{(1)}$
• 20 ... 30 min	$\leq \pm 0,0053\% C_n^{(1)}$
Coefficiente de temperatura	
• Señal cero $T_{K0}$	$\leq \pm 0,007\% C_n/5K$
• Valor característico $T_{KC}$	$\leq \pm 0,0045\% C_n/5K$
Precarga mínima $E_{min}$	$\geq 0\% E_{max}$
Carga de trabajo máx. $L_u$	150% $E_{max}$
Carga de ruptura $L_d$	300% $E_{max}$
Carga lateral máx. $L_{lq}$	100% $E_{max}$
Desplazamiento de medida nominal $h_n$ a $E_{max}$	$\leq 0,5$ mm
Tensión de alimentación $U_{EX}$ (valor de referencia)	10 V
Tensión de alimentación (rango)	5 ... 18 V
Sensibilidad nominal $C_n$	2 mV/V
Tolerancia de sensibilidad $D_C$	$\pm 1\%$
Tolerancia de señal cero $D_0$	$\leq \pm 1,0\% C_n$
Resistencia de entrada $R_e$	$350 \Omega \pm 3,5 \Omega$
Resistencia de salida $R_s$	$350 \Omega \pm 3,5 \Omega$
Resistencia de aislamiento $R_{is}$	$\geq 5000$ M $\Omega$
Rango de temperatura nom. $B_n$	-10 ... +40 °C
Rango de temperatura de servicio $B_{tu}$	-40 ... +80 °C
Rango de temperatura en almacenamiento $B_{ts}$	-40 ... +90 °C
Materiales de la célula (DIN)	Acero inoxidable, mat. n° 1.4542

Grado de protección según DIN EN 60 529; IEC 60 529	IP66/IP68
Par de apriete recomendado de los tornillos de fijación	110 Nm (0,5 - 2 t) 540 Nm (5 t)
Calibración de corriente <sup>2)</sup>	Estándar
Protección Ex según ATEX (opcional)	II 2 G EEx ib IIC T6/T4 II 3 G nA/nL IIC T6/T4 II 1D/2D/3D T 70 °C

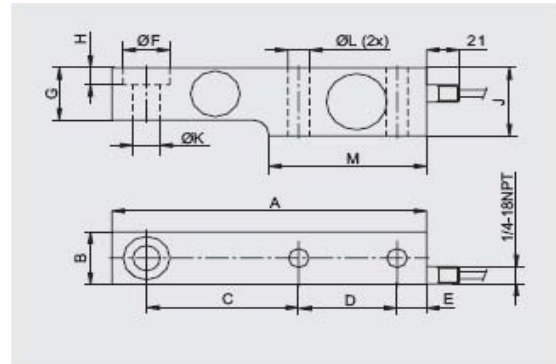
##### Conexión del cable

Función	Color
• EXC +	• verde
• EXC -	• negro
• SIG +	• blanco
• SIG -	• rojo
• Pantalla (contactado de pantalla en la caja en preparación)	• transparente

1) Para temperatura nominal -10 ... +40 °C.

2) "Calibración de corriente": la sensibilidad nominal y la resistencia de salida están definidas de manera que la corriente de salida se calibre a un 0,05% de un valor de referencia. Esto simplifica la conexión en paralelo de varias células de carga.

##### Croquis acotados



Carga nominal	A	B	C	D	E	OF
0,5 ... 2 t	203,2	36,5	98,4	63,5	19,1	30,2 <sup>+0,2</sup>
5 t	235,0	47,5	123,8	66,7	20,6	41,3 <sup>+0,2</sup>

Carga nominal	G	H	J	OK	OL	M
0,5 ... 2 t	36,5	11,9	47,6	17,5 <sup>H11</sup>	14	101,6
5 t	47,6	15,8	69,9	25,5 <sup>H11</sup>	22	111,2

Célula de carga SIWAREX R, serie SB, dimensiones

Datos para selección y pedido	Referencia
<b>Serie SB</b> apta para verificación según OIML R60 hasta 3000 d, cable de conexión de 5 m <sup>1)</sup>	<b>7MH4105 - ■■C■1</b>
<b>Capacidad nom.:</b>	
500 kg	3 K
1 t	4 A
2 t	4 D
5 t	4 K
<b>Protección contra explosión</b>	
Sin ella	0
Protección Ex para la zona 1, 2, 20, 21, 22	1

1) Longitud tolerada:  $\pm 100$  mm