

EVALUACIÓN TÉCNICO FINANCIERA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN
SISTEMA DE MEDICIÓN EN SILOS DE ALMACENAMIENTO DE ADITIVOS
PARA CONCRETO

MIGUEL ANGEL ARIZA HORMECHEA
WILMER DE LA ROSA MADERO
MIGUEL ANGEL MARTHEYN BERBESI

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS
INDUSTRIALES
CARTAGENA
2017

EVALUACIÓN TÉCNICO FINANCIERA PARA LA IMPLEMENTACIÓN DE UN
SISTEMA DE MEDICIÓN EN SILOS DE ALMACENAMIENTO DE ADITIVOS
PARA CONCRETO

MIGUEL ANGEL ARIZA HORMECHEA
WILMER DE LA ROSA MADERO
MIGUEL ANGEL MARTHEYN BERBESI

Proyecto Integrador presentado como requisito para optar al título de Especialista
en Automatización y Control de Procesos Industriales

Director de programa:

JORGE ELIECER DUQUE PARDO, Ph. D
INGENIERO ELECTRICISTA

Tutor de proyecto:

JOSÉ LUIS VILLA RAMÍREZ, Ph. D
INGENIERO ELECTRÓNICO

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DE BOLÍVAR
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESPECIALIZACIÓN EN AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL DE PROCESOS
INDUSTRIALES
CARTAGENA
2017

Nota de Aceptación

Director del Programa

Evaluador

Evaluador

Cartagena de Indias D.T. y C., 1 de junio de 2017

DEDICATORIAS

“Este proyecto está dedicado a Dios Padre Todopoderoso por brindarme la oportunidad de realizar esta especialización y aprender mucho en ella. A mis padres Salvador y Nancy, quienes me han enseñado que con amor, esfuerzo y disciplina se logran las metas. A mis hermanos Leonard y Carlos con quienes siempre he compartido los frutos de mis victorias”.

Wilmer De La Rosa

“A Dios por ser mi guía espiritual en todo momento, por llenarme de fe y sabiduría para creer lo que parecía imposible. A nuestros hijos por ser nuestra fuente de motivación e inspiración para superarnos cada día más. A nuestros familiares, porque gracias a ellos hemos logrado llegar hasta donde estamos hoy”.

Miguel Ariza

“Como gesto de agradecimiento, le dedico este proyecto a mi familia por su apoyo moral, a mis amigos por brindarme su ayuda cuando la necesite, a los profesores que gracias a su gran experiencia logre aprender, mejorar y capacitar mis conocimientos y a Dios, por el todo esto es posible, con su ayuda supere los momentos difíciles, de tristezas. Gracias a Dios por brindarnos vida y salud”.

Miguel Martheyn

AGRADECIMIENTOS

A nuestro asesor de proyecto José Luis Villa, al director de programa Jorge E. Duque, a Jaime J. Rodríguez y demás profesores de esta especialización por su colaboración, guía y conocimientos transmitidos. También agradecemos a Gustavo E. Forero quien hizo su aporte en la realización de este proyecto.

CONTENIDO

	Pág.
RESUMEN	12
1. INTRODUCCIÓN	13
1.1. OBJETIVOS	14
1.1.1. OBJETIVO GENERAL	14
1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	15
2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA	15
2.2. JUSTIFICACIÓN	16
3. MARCO TEÓRICO	18
3.1. MEDICIÓN DE NIVEL	18
3.2. MEDIDORES DE NIVEL DE LIQUIDOS	19
3.3. EL SISTEMA ULTRASÓNICO DEL MEDICIÓN DE NIVEL	20
3.4. MEDIDOR DE NIVEL POR RADAR DE PULSOS	21
4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO	23
5. DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE LOS ADITIVOS ALMACENADOS EN LOS SILOS	26
5.1. SELECCIÓN DEL TRANSMISOR DE NIVEL PARA EL SILO QUE ALMACENA ADITIVO REFERENCIA AD 30	26
5.1.1. CARACTERISTICAS DE LA SUSTANCIA	26
5.1.2. DIMENSIONES DEL TANQUE	27
5.1.3. CONSIDERACIONES AMBIENTALES	27
5.2. SELECCIÓN DEL TRANSMISOR DE NIVEL PARA EL SILO QUE ALMACENA ADITIVO REFERENCIA 2100	27
5.2.1. CARACTERISTICAS DE LA SUSTANCIA	27
5.2.2. DIMENSIONES DEL TANQUE	27
5.2.3. CONSIDERACIONES AMBIENTALES	28
5.3. SELECCIÓN DEL TRANSMISOR DE NIVEL PARA EL SILO QUE ALMACENA ADITIVO REFERENCIA N100	28

5.3.1. CARACTERISTICAS DE LA SUSTANCIA	28
5.3.2. DIMENSIONES DEL TANQUE	28
5.3.3. CONSIDERACIONES AMBIENTALES	29
5.4. SELECCIÓN DEL TRANSMISOR DE NIVEL PARA EL SILO QUE ALMACENA ADITIVO REFERENCIA AER D	29
5.4.1. CARACTERISTICAS DE LA SUSTANCIA	29
5.4.2. DIMENSIONES DEL TANQUE	29
5.4.3. CONSIDERACIONES AMBIENTALES	30
5.5. CONCLUSIONES DE LA SELECCIÓN DEL MEDIDOR DE NIVEL	30
5.5.1. SELECCIÓN DEL MEDIDOR DE NIVEL POR RADAR DE PULSO	30
5.5.2. SELECCIÓN DEL MEDIDOR DE NIVEL ULTRASÓNICO	33
5.5.3. PRECIO DEL MEDIDOR DE NIVEL POR RADAR VS MEDIDOR DE NIVEL ULTRASÓNICO	35
5.6. SELECCIÓN DEL INDICADOR DE NIVEL	35
5.7. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE NIVEL	36
6. EVALUACION FINANCIERA DEL PROYECTO	39
6.1. COSTOS DEL PROYECTO	39
6.1.1. COSTOS DE INSTRUMENTOS Y FUENTE ELECTRONICA	39
6.1.2. COSTOS DE MATERIALES	40
6.1.3. COSTOS RELATIVOS AL MONTAJE DEL SISTEMA DE MEDICION DE NIVEL	41
6.1.4. COSTOS DE LA INVERSION INICIAL	41
6.1.5. COSTO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA	42
6.2. CÁLCULO DEL AHORRO ANUAL	43
6.3. RETORNO SOBRE LA INVERSION	44
7. CONCLUSIONES	45
8. RECOMENDACIONES	46
BIBLIOGRAFÍA	47

LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Aditivos y capacidades de los silos	15
Tabla 2. Comparación de precios de instrumentos (Radar de pulsos Vs Ultrasonico)	35
Tabla 3. Costos de instrumentos y fuente electrónica	39
Tabla 4. Costos de materiales	40
Tabla 5. Costos relativos al montaje del sistema de medición de nivel	41
Tabla 6. Costos de la inversión inicial	41
Tabla 7. Energía consumida anualmente por el sistema	43
Tabla 8. Ahorro anual.	44

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Ejemplo de medición implementada	16
Figura 2. Transductor ultrasónico de nivel	20
Figura 3. Medidor de nivel por radar de pulsos	22
Figura 4. Planta productora de concreto	23
Figura 5. Sitrans Probe LR	33
Figura 6. Sitrans LU150	34
Figura 7. Indicador digital Sitrans RD100	36
Figura 8. Esquema de la instrumentación implementada en los silos	36
Figura 9. Ubicación del rack	37
Figura 10. Ubicación de los sensores	37
Figura 11. Panorámica del sistema implementado	38

LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A. Ficha técnica del medidor de nivel ultrasónico Sitrans LU150	48
Anexo B. Ficha técnica del visualizador de señal Sitrans RD100	54
Anexo C. Datos técnicos de la fuente electrónica Omron	57

GLOSARIO

ADITIVO: Elemento capaz de modificar las características de una sustancia.

RACK: Soporte metálico destinado a alojar equipamiento electrónico, informático y de comunicaciones.

SILO: Construcción diseñada para almacenar grano y otros materiales a granel; son parte del ciclo de acopio de la agricultura.

TRANSDUCTOR: Dispositivo que tiene la misión de recibir energía de una naturaleza, eléctrica, mecánica, acústica, etc., y suministrar otra energía de diferente naturaleza, pero de características dependientes de la que recibió.

ULTRASONIDO: Vibración mecánica de frecuencia superior a la de las que puede percibir el oído. "las frecuencias que superan las 20000 vibraciones por segundo son los ultrasonidos".

RESUMEN

El propósito de este proyecto está orientado a encontrar y mostrar los beneficios operativos y económicos que se lograrían con el diseño e instalación de un sistema confiable de medición de nivel de aditivos líquidos almacenados en Silos. Para el cumplimiento de los objetivos de este proyecto se analizaron previamente, el estado actual de los silos que almacenan los aditivos, y la técnica utilizada para el cálculo de los volúmenes de aditivos existentes en un determinado momento a partir de una medición directa del nivel en cada tanque. Seguido a este primer análisis, se procedió a diseñar el sistema de medición teniendo presente las dimensiones de los silos y las características fisicoquímicas de los aditivos. En el diseño del sistema de medición, el factor económico jugó un papel importante, toda vez que condicionó el proyecto a un esquema sencillo que no demandó equipos de medición robustos que elevaran demasiado el costo del proyecto. En la selección de los transmisores de nivel se identificaron y se compararon las tecnologías más idóneas para las condiciones de la variable a medir, y que al mismo tiempo fueron compatibles con las propiedades físicas y químicas detalladas en las hojas de seguridad de los aditivos. Las tecnologías de medición de nivel seleccionadas fueron la de radar de pulsos y la de ultrasonido, sin embargo se optó por la opción que menos impacto tuviera en el presupuesto del proyecto. En la etapa final de este proyecto se presenta una evaluación financiera que demuestra en el tiempo, la conveniencia de la implementación del sistema de medición propuesto.

1. INTRODUCCIÓN

En la actualidad se realizan diversos tipos de procesos, ya sean químicos, mecánicos, entre otros. Dichos procesos tienen como finalidad generar un producto o dicho en otras palabras generar algún valor. Para lograr un proceso final deseado se deben tomar medidas de seguridad, por ejemplo mantener los materiales que lo caracterizan y/o generan. El proyecto a continuación tiene como finalidad optimizar la tecnología para la industria de concreto, realizando una evaluación técnica-financiera, con el fin de evaluar el presupuesto necesario.

A la necesidad de mejorar el sistema de medición actual, se implementará un sistema de medición de nivel, el cual aplicará para 4 silos contenedores de aditivos para concretos en estado líquido, generando un ahorro en los procesos y en los gastos que acarrea disponer de una empresa que realice mensualmente dicha medición.

Para la evaluación técnica-financiera se tienen en cuenta tres puntos principales. Primero, se realiza un análisis detallado de la inversión inicial, el cual es el dinero que será necesario invertir para el arranque del proyecto. Segundo, se calcula el costo de operación del sistema, representado en el consumo de energía de cada uno de los componentes. Tercero, se calcula el beneficio anual que genera la implementación del sistema a través del retorno a la inversión, con el objetivo de conocer el tiempo en el cual la implementación genera valor a la compañía.

1.1. OBJETIVOS

A continuación se presentan los objetivos principales del proyecto.

1.1.1. OBJETIVO GENERAL

Realizar el diseño y la evaluación técnico financiera para un sistema de medición en silos de almacenamiento de aditivos.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Elaborar el diseño del sistema de medición de los aditivos almacenados en los silos.
- Realizar la evaluación financiera para la implementación del sistema de medición en silos.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En esta sección se presenta el problema de monitoreo de aditivos almacenados en silos y se establece la línea base para el diseño de la solución de medición.

2.1. DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Este proyecto se basa en el caso de una empresa que suministra diversos tipos de aditivos en estado líquido que son usados en la fabricación del hormigón, estos aditivos son almacenados en silos de plantas de concreto con diversas capacidades, como lo muestra la Tabla 1.

CÓDIGO DE ADITIVO	CAPACIDAD DEL SILO
2100	10.000 Lts
AD30	10.000 Lts
AER-D	5.000 Lts
N100	5.000 Lts

Tabla 1. Aditivos y capacidades de los silos

Cada planta de concreto cuenta en sus instalaciones con los 4 silos anteriormente mencionados, los cuales son evaluados mensualmente por una empresa de topografía, con el objetivo de conocer la cantidad exacta de aditivo existente en cada silo en un determinado momento. La empresa proveedora de los aditivos

implementa en sus silos técnicas y herramientas simples de medición basadas en el uso de mangueras de nivel y mirillas, véase la Figura 1.



Figura 1. Ejemplo de medición implementada

Esta técnica de medición no es confiable, ya que en ocasiones las mangueras llegan a presentar incrustaciones en su interior por sedimentación de partículas en el producto almacenado, y pérdida de visibilidad en las mirillas a causa de la luz solar y la adhesión de polvo de cemento suspendido en el ambiente de la planta, que al entrar en contacto con la humedad o el agua lluvia forma una capa muy fina de concreto en el exterior de la mirilla, arrojando datos erróneos en la medida.

2.2. JUSTIFICACIÓN

El desarrollo e implementación de un sistema automático de monitoreo y medición en silos de almacenamiento de aditivos para la formulación de concreto, se considera una alternativa económica viable y favorable que busca mejorar la forma en que se realiza el monitoreo y la medición de las cantidades de aditivos para

formulación de concreto almacenados en los silos dispuestos para este fin localizados en una planta de fabricación de hormigón. La implementación de dicho sistema, lograría para la empresa, un óptimo seguimiento y control de las cantidades de aditivos almacenados en los silos.

En la actualidad se encuentran disponibles sensores cuyos materiales de fabricación son compatibles con muchas sustancias líquidas y sólidas almacenables en silos y otros contenedores. Estos sensores pueden realizar eficazmente mediciones de nivel de sustancias almacenadas y aportar valiosa información en tiempo real, determinando también la magnitud de otras variables importantes como temperatura, viscosidad, conductividad, y concentración de vapores en tanques. Todas estas variables revelan el estado de calidad de los aditivos y los riesgos operacionales, industriales y ambientales inherentes a su almacenamiento en silos.

Este proyecto busca dar claridad a las dudas presentes en el área de mantenimiento, relacionadas con la factibilidad técnica y con la conveniencia económica que representaría la implementación de un sistema de medición de nivel en silos de almacenamiento de aditivos.

3. MARCO TEÓRICO

Esta sección presenta una explicación básica de los conceptos utilizados en medición de nivel. La mayor parte de esta sección está basada en la presentada por Creus en (Creus, 1999).

3.1. MEDICIÓN DE NIVEL

En la industria la medición de nivel es muy importante, tanto desde el punto de vista del funcionamiento correcto del proceso como de la consideración del balanceo adecuado de materias primas o de productos finales.

La utilización de instrumentos electrónicos con microprocesador en la medida de otras variables, tales como la presión y la temperatura, permite añadir «inteligencia» en la medida del nivel, y obtener precisiones de lectura altas, del orden de $\pm 0,2 \%$, en el inventario de materias primas o finales o en transformación en los tanques del proceso. El transmisor de nivel «inteligente» hace posible la interpretación del nivel real (puede eliminar o compensar la influencia de la espuma en flotación del tanque, en la lectura), la eliminación de las falsas alarmas (tanques con olas en la superficie debido al agitador de paletas en movimiento), y la fácil calibración del aparato en cualquier punto de la línea de transmisión. Los instrumentos de nivel pueden dividirse en medidores de nivel de líquidos y de sólidos.

3.2. MEDIDORES DE NIVEL DE LÍQUIDOS

Los medidores de nivel de líquidos trabajan midiendo, bien directamente la altura de líquido sobre una línea de referencia, bien la presión hidrostática, bien el desplazamiento producido en un flotador por el propio líquido contenido en el tanque del proceso, o bien aprovechando características eléctricas del líquido.

Los primeros instrumentos de medida directa se dividen en: sonda, cinta y plomada, nivel de cristal e instrumentos de flotador.

Los aparatos que miden el nivel aprovechando la presión hidrostática se dividen en:

- Medidor manométrico.
- Medidor de membrana.
- Medidor de tipo burbujeo.
- Medidor de presión diferencial de diafragma.

El empuje producido por el propio líquido lo aprovecha el medidor de desplazamiento a barra de torsión.

Los instrumentos que utilizan características eléctricas del líquido se clasifican en:

- Medidor resistivo.
- Medidor conductivo.
- Medidor capacitivo.
- Medidor ultrasónico.
- Medidor de radiación.
- Medidor de láser.

3.3. EL SISTEMA ULTRASÓNICO DE MEDICIÓN DE NIVEL

Se basa en la emisión de un impulso ultrasónico a una superficie reflectante y la recepción del eco del mismo en un receptor. El retardo en la captación del eco depende del nivel del tanque.

Los sensores trabajan a una frecuencia de unos 20 kHz. Estas ondas atraviesan con cierto amortiguamiento o reflexión el medio ambiente de gases o vapores y se reflejan en la superficie del sólido o del líquido.

En la Figura 2, pueden verse varias disposiciones de montaje de los detectores que se utilizan en los casos de alarmas o de indicación continua del nivel.

En las aplicaciones de alarma de nivel los sensores vibran a una frecuencia de resonancia determinada, que se amortigua cuando el líquido los moja.

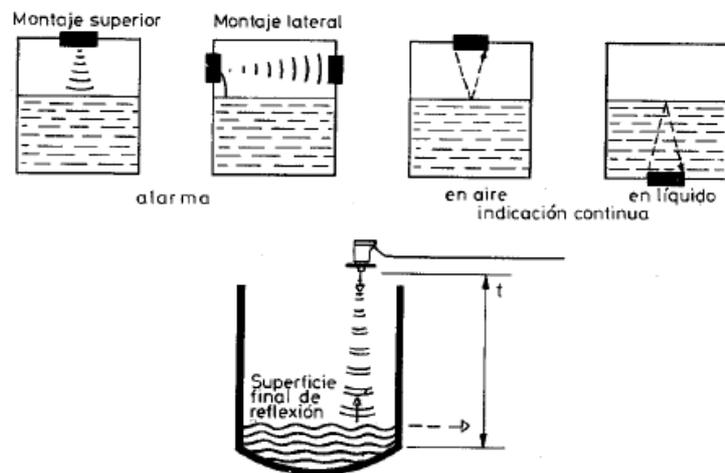


Figura 2. Transductor ultrasónico de nivel (Adaptado de Creus, 1999)

En el segundo caso de indicación continua del nivel, la fuente ultrasónica genera impulsos que son detectados por el receptor una vez ha transcurrido el tiempo correspondiente de ida y vuelta de la onda a la superficie del sólido o del líquido.

La precisión de estos instrumentos es de ± 1 a 3 %. Son adecuados para todos los tipos de tanques y de líquidos o fangos pudiendo construirse a prueba de explosión. Presentan el inconveniente de ser sensibles a la densidad de los fluidos y de dar señales erróneas cuando la superficie del nivel del líquido no es nítida como es el caso de un líquido que forme espuma, ya que se producen falsos ecos de los ultrasonidos.

3.4. MEDIDOR DE NIVEL POR RADAR DE PULSO

La tecnología de medición de nivel por radar de pulso se basa en la medida del tiempo que demora una señal (pulso corto de radar) desde que es transmitida por la antena del instrumento medidor hasta que es recibida por el mismo, luego de ser reflejada en la superficie del líquido o sólido contenido en el tanque, depósito o canal al cual se le desea medir el nivel de sustancia. El tiempo que tarda la señal en ir y regresar al instrumento, también llamado tiempo de viaje de la señal, es directamente proporcional a la distancia entre el dispositivo de medición y la superficie del producto, este dato determina variables como el nivel, el volumen y la velocidad con que varía el nivel.

La reflexión de la señal emitida por la antena se debe a la diferencia entre las constantes dieléctricas del medio de donde sale la señal (aire) y la sustancia contenida en el tanque. La señal reflejada es una parte de la señal emitida.

El medidor de nivel por radar provee una señal continua y en tiempo real del valor del nivel de líquido o sólido en el tanque, sin que sea necesario el contacto del equipo con la sustancia, lo que reduce las necesidades de mantenimiento del medidor.

Una característica de estos equipos es que las microondas emitidas no requieren medio de transporte por lo que su velocidad de propagación es de 300000 Km/seg (velocidad de la luz), y no se ven muy afectadas por las características de la atmosfera del tanque o del proceso como temperaturas extremas, presión, polvo. Además, las variaciones de densidad sobre el líquido tampoco afectan a las microondas, y por esta razón esta tecnología es idónea cuando haya formación de espuma sobre el líquido.

La Figura 3, muestra un ejemplo del punto de instalación del instrumento, el cual depende del ángulo del haz de la señal y la altura del tanque o rango de variación del nivel de producto. También se aprecia el perfil del eco, el pico menor o falso eco se debe a objetos intermedios entre la superficie del líquido y la antena del medidor, y el pico mayor corresponde al nivel del líquido.

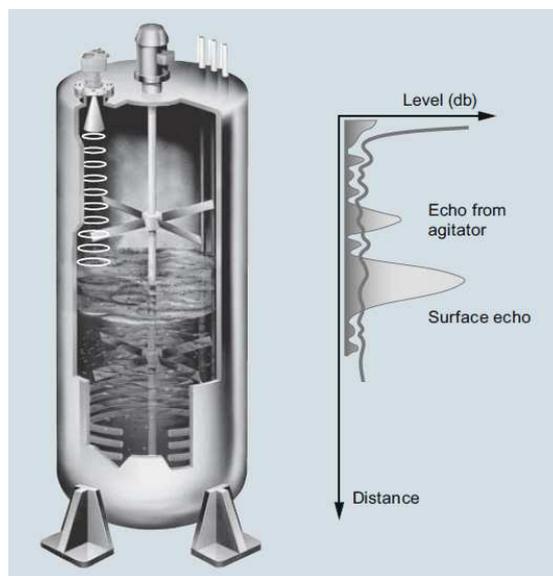


Figura 3. Medidor de nivel por radar de pulsos
Fuente: Catálogo Siemens, www.siemens.com/processinstrumentation

4. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO

A continuación se muestra el esquema de la planta:

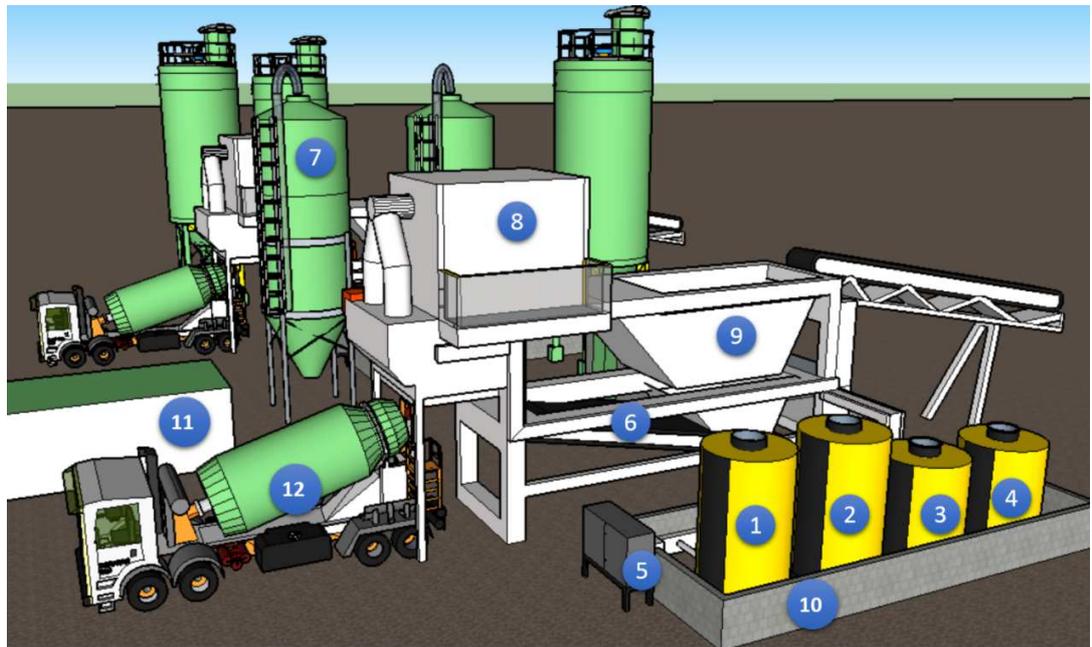


Figura 4. Planta productora de concreto (Fuente: Autores)

1. Silo para aditivo de referencia 2100
2. Silo para aditivo de referencia AD30
3. Silo para aditivo de referencia AER-D
4. Silo para aditivo de referencia N100
5. Cofre dosificador de aditivos
6. Tubería de descargue de aditivo hacia el Mixer
7. Silo de cemento
8. Planta de Concreto marca KONECO

9. Tolva de agregados
10. Dique de contención
11. Cuarto de control
12. Mixer o carro mezclador

El aditivo es transportado en camiones cisternas, capaces de albergar en su interior 15 toneladas de aditivo, el cual posteriormente sería almacenado en el silo correspondiente con ayuda de una motobomba y tubería de llenado a silos. El cuarto de control es donde se encuentra ubicado el operador de planta, ellos disponen de un software llamado COMAND-BATCH, el cual les permite crear recetas y dar continuidad del proceso con ayuda de automatismo, el software permite escoger las cantidades de aditivo a dosificar según sean las características requeridas por el cliente para la fabricación de dicho concreto, el aditivo es dosificado mediante un sistema dosificador, que integra bombas neumáticas de ½”, un transmisor electrónico escalable tipo PFT-1E y una unidad de mantenimiento regulada a 70 PSI, este dosificador conecta con los silos a través de tubería en pvc de ½”, denominada “tubería de cargue silo a bomba”, y a su vez conecta con tubería del mismo diámetro a la planta, denominada “tubería de descargue de bomba a mixer”. Cuando el operario ya tiene ingresada la receta en el software, la dosificación empieza en el siguiente orden:

1. Arena
2. Grava
3. Cemento
4. Agua y aditivos

La Arena y la Grava, son consideradas como los agregados, estos pueden tener diferentes tamaños y formas, los cuales se obtienen de las canteras y representan el 60% al 75% del volumen del concreto.

Estos 4 componentes, llamados “materia prima”, son vertidos dentro del contenedor del carro mixer en el orden anteriormente descrito, el mixer es el encargado de homogeneizar la mezcla mediante giros producidos por la unidad giratoria durante un tiempo determinado. El tiempo de mezclado es registrado desde el momento en que los materiales son ingresados a la unidad giratoria. Al transportar el concreto, la unidad giratoria se mantiene en constante rotación, con una velocidad de 2 a 6 vueltas por minuto.

Posteriormente el concreto es entregado a su destino, quien lo recibe realiza una breve inspección de sellos del contenedor del carro mixer, para percatarse de que el producto no ha sido abierto desde su producción, luego, el concreto es retirado del contenedor mediante giros contrarios al mezclado con ayuda de un canal en su interior. De esta manera el concreto es depositado y dejado a disposición del personal en obra.

5. DISEÑO Y SELECCIÓN DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE LOS ADITIVOS ALMACENADOS EN LOS SILOS

Para seleccionar los transmisores de nivel de los silos, hay que tener presente diversos aspectos relacionados con las características de los mismos silos, de los líquidos que se están almacenando, del ambiente y las consideraciones de seguridad industrial del área en el que se encuentran dichos contenedores. Para la selección del transmisor se realizará un análisis de manera independiente en cada silo debido a algunas diferencias existentes con respecto a la naturaleza de los aditivos, es probable que al final el resultado muestre que un determinado modelo de transmisor es apropiado para los cuatro silos. Como característica común en los 4 silos, se menciona que ninguno cuenta con dispositivo mecánico interno de agitación con motor, y además, los cuatro aditivos se encuentran en forma líquida.

5.1. SELECCIÓN DEL TRANSMISOR DE NIVEL PARA EL SILO QUE ALMACENA ADITIVO REFERENCIA AD30

5.1.1. CARACTERÍSTICAS DE LA SUSTANCIA:

La sustancia se encuentra almacenada en estado líquido a temperatura ambiente, es utilizado para retardar el fraguado del concreto y reducir la cantidad de agua empleada en su preparación, estas características le otorgan al concreto facilidad para ser transportado, vaciado, y vibrado. El AD30 no es inflamable, su densidad a 20 °C varía entre 1,2 – 1,3 gr/cm³, y su pH a 20 °C es de 5.

5.1.2. DIMENSIONES DEL TANQUE:

El material del tanque es fibra de vidrio industrial tipo Mat 450 gr/m².

- Capacidad: 10 m³.
- Alto: 3,4 m.
- Diámetro: 2,1 m.
- Espesor de pared: ¼ de pulgada.

5.1.3. CONSIDERACIONES AMBIENTALES:

El área se encuentra cargada principalmente de pequeñas partículas de cemento suspendidas en el aire, que provienen de la tolva que recibe los agregados para preparar el concreto. Estas partículas constantemente se están depositando sobre las superficies de los equipos que se encuentran cerca.

5.2. SELECCIÓN DEL TRANSMISOR DE NIVEL PARA EL SILO QUE ALMACENA ADITIVO REFERENCIA 2100

5.2.1. CARACTERISTICAS DE LA SUSTANCIA:

La sustancia se encuentra almacenada en estado líquido a temperatura ambiente, es un reductor de agua de ultrarango hiper plastificante basado en policarboxilato, el aditivo 2100 no es inflamable, su densidad a 20 °C es aproximadamente 1,1 gr/cm³, y su pH a 20 °C es de 5.

5.2.2. DIMENSIONES DEL TANQUE:

El material del tanque es fibra de vidrio industrial tipo Mat 450 gr/m².

- Capacidad: 10 m³.
- Alto: 3,4 m.
- Diámetro: 2,1 m.
- Espesor de pared: ¼ de pulgada.

5.2.3. CONSIDERACIONES AMBIENTALES:

El área se encuentra cargada principalmente de pequeñas partículas de cemento suspendidas en el aire, que provienen de la tolva que recibe los agregados para preparar el concreto. Estas partículas constantemente se están depositando sobre las superficies de los equipos que se encuentran cerca.

5.3. SELECCIÓN DEL TRANSMISOR DE NIVEL PARA EL SILO QUE ALMACENA ADITIVO REFERENCIA N100

5.3.1. CARACTERISTICAS DE LA SUSTANCIA:

La sustancia se encuentra almacenada en estado líquido a temperatura ambiente, compuesto por resinas sintéticas, es súper plastificante, reduce el agua necesaria en la preparación del concreto y actúa también como economizador de cemento. El N100 no es inflamable, su densidad a 20°C varía entre 1,19 – 1,23 gr/cm³, y su pH a 20°C es >8,5.

5.3.2. DIMENSIONES DEL TANQUE:

El material del tanque es fibra de vidrio industrial tipo Mat 450 gr/m².

- Capacidad: 5 m³.
- Alto: 2,23 m.
- Diámetro: 1,8 m.
- Espesor de pared: ¼ de pulgada.

5.3.3. CONSIDERACIONES AMBIENTALES:

El área se encuentra cargada principalmente de pequeñas partículas de cemento suspendidas en el aire, que provienen de la tolva que recibe los agregados para preparar el concreto. Estas partículas constantemente se están depositando sobre las superficies de los equipos que se encuentran cerca.

5.4. SELECCIÓN DEL TRANSMISOR DE NIVEL PARA EL SILO QUE ALMACENA ADITIVO REFERENCIA AER D

5.4.1. CARACTERISTICAS DE LA SUSTANCIA:

La sustancia se encuentra almacenada en estado líquido a temperatura ambiente, esta sustancia se usa para incorporar una cantidad controlada de aire al concreto para disminuir su permeabilidad. El AER D no es inflamable ni representa peligro de explosión, su densidad a 20 °C es aproximadamente 1,0 gr/cm³, y su pH a 20 °C es de 10.

5.4.2. DIMENSIONES DEL TANQUE:

El material del tanque es fibra de vidrio industrial tipo Mat 450 gr/m².

- Capacidad: 5 m³.
- Alto: 2,23 m.
- Diámetro: 1,8 m.
- Espesor de pared: ¼ de pulgada.

5.4.3. CONSIDERACIONES AMBIENTALES:

El área se encuentra cargada principalmente de pequeñas partículas de cemento suspendidas en el aire, que provienen de la tolva que recibe los agregados para preparar el concreto. Estas partículas constantemente se están depositando sobre las superficies de los equipos que se encuentran cerca.

5.5. CONCLUSIONES DE LA SELECCIÓN DEL MEDIDOR DE NIVEL

De acuerdo a las consideraciones expuestas para cada uno de los cuatro silos, se concluye que las mejores tecnologías son, la de medición de nivel por radar de pulsos y la de medición de nivel por ultrasonido, se tuvieron en cuenta otras tecnologías como la de radar por onda guiada y por presión diferencial, sin embargo, estas dos últimas no son tan idóneas para este caso, ya que por tratarse de sustancias con bajos y altos pH, podrían ocasionar corrosión en las partes que entran en contacto con las sustancias, acarreando una necesidad de mantenimiento de mayor frecuencia que la que pueda requerir el medidor de radar de pulso o el medidor ultrasónico. Además, en el caso del medidor de nivel por presión diferencial puede ser necesario vaciar el silo para realizar una reparación al instrumento o un reemplazo del mismo, y la planta no cuenta con silos de reserva para almacenar los aditivos mientras se realizan este tipo de operaciones.

5.5.1. SELECCIÓN DEL MEDIDOR DE NIVEL POR RADAR DE PULSO

En este caso, el equipo escogido será marca Siemens, por la facilidad de selección y variedad de opciones que ofrece esta marca con respecto a este tipo de medidor. El Cuadro 1, muestra una guía de selección de radar suministrada por Siemens en su catálogo, podemos ver que el Sitrans Probe LR cumple con las especificaciones requeridas por la planta.

Radar Transmitters (Selection Guide)						
Criteria	SITRANS Probe LR	SITRANS LR200	SITRANS LR250	SITRANS LR260	SITRANS LR460	SITRANS LR560
Typical industries	Chemicals, petrochemicals, water/wastewater, drilling mud	Chemicals, petrochemicals, aluminum, wastewater	Chemicals, petrochemicals, oil and gas, mining, marine, food and beverage, pharmaceutical	Cement, power generation, chemical, petrochemicals, food processing, mineral processing, mining	Cement, power generation, food processing, mineral processing, mining	Cement, power generation, grain, food processing, mineral processing, mining
Typical applications	Liquids, storage vessels, wet wells, drilling mud tanks	Liquids, process vessels with agitators, buildup, high temperatures	Liquids, storage and process vessels with agitators, vaporous liquids, high temperatures, low dielectric media, crude oil produced water	Cement, plastics, grain, flour, coal, fast moving solids, liquids, low dielectric liquids	Cement, fly ash, grain, coal, flour, plastics	Cement, fly ash, grain, coal, flour, plastics
Range	0.3 ... 20 m (1 ... 65 ft)	0.4 ... 20 m (1.3 ... 65 ft)	50 mm (2 inch) from end of horn to 20 m (65 ft), horn dependent	30 m (98.4 ft)	100 m (328 ft)	40 m (131 ft) 100 m (328 ft)
Frequency	5.8 GHz (North America 6.3 GHz)	5.8 GHz (North America 6.3 GHz)	K-band (25.0 GHz)	K-band (25.0 GHz)	24 ... 25 GHz FMCW	78 ... 79 GHz
Performance accuracy	0.1 % of range or 10 m (0.4 inch)	0.1 % of range or 10 mm (0.4 inch)	<= 3 mm (0.118 inch)	<ul style="list-style-type: none"> • 25 mm (1 inch) from minimum detectable distance to 300 mm (11.8 inch) • Remainder of range = 6 mm (0.23 inch) or 0.05 % of spa (whichever is greater) 	0.25 %	5 mm (0.2 inch)

Cuadro 1. Guía de selección del medidor de nivel por radar y especificaciones técnicas
Fuente: Catálogo Siemens. www.siemens.com/processinstrumentation

Radar Transmitters (Selection Guide)						
Criteria	SITRANS Probe LR	SITRANS LR200	SITRANS LR250	SITRANS LR260	SITRANS LR460	SITRANS LR560
Temperature	Ambient: -40 ... +80 °C (-40 ... +176 °F) Process: -40 ... +80 °C (-40 ... +176 °F)	Ambient: -40 ... +80 °C (-40 ... +176 °F) Process: -40 ... +200 °C (-40 ... +392 °F), dependent on antenna type	Ambient: -40 ... +80 °C (-40 ... +176 °F) Process: -40 ... +200 °C (-40 ... +392 °F), dependent on antenna type	Ambient: -40 ... +80 °C (-40 ... +176 °F) Process: -40 ... +200 °C (-40 ... +392 °F), dependent on antenna type	Ambient: 65 °C (149 °F) Process: 200 °C (392 °F)	Ambient: -40 ... +80 °C (-40 ... +176 °F) Process: -40 ... +100 °C (-40 ... 212 °F) Optional: 200 °C (392 °F)
Output/communications/ remote configuration and diagnostics	<ul style="list-style-type: none"> • 4 ... 20 mA/HART • SIMATIC PDM 	<ul style="list-style-type: none"> • 4 ... 20 mA/HART • PROFIBUS PA • SIMATIC PDM • AMS • SITRANS DTM/FDT for PACTware, Fieldcare, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • 4 ... 20 mA/HART • PROFIBUS PA • FOUNDATION Fieldbus • SIMATIC PDM • AMS • SITRANS DTM/FDT for PACTware, Fieldcare, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> • 4 ... 20 mA/HART • PROFIBUS PA • SIMATIC PDM 	<ul style="list-style-type: none"> • 4 ... 20 mA/HART • PROFIBUS PA • SIMATIC PDM 	<ul style="list-style-type: none"> • 4 ... 20 mA/HART • PROFIBUS PA • FOUNDATION Fieldbus • SIMATIC PDM • AMS • SITRANS DTM/FDT for PACTware, Fieldcare, etc.
Power	<ul style="list-style-type: none"> • 24 V DC nominal • Loop powered 	<ul style="list-style-type: none"> • 24 V DC nominal • Loop powered 	<ul style="list-style-type: none"> • 24 V DC nominal • Loop powered 	<ul style="list-style-type: none"> • 24 V DC nominal • Loop powered 	<ul style="list-style-type: none"> • 100 ... 230 V AC, ± 15 %, 50/60 Hz, 6 W • 24 V DC, +25/-20 %, 6 W 	<ul style="list-style-type: none"> • 24 V DC nominal • Loop powered
Approvals	CE, RCM, Lloyds Register of Shipping, ABS, FCC, Industry Canada, R&TTE ATEX, CSA, FM, INMETRO, EAC, IECEX, ANZEx, TIIS	CE, RCM, Lloyds Register of Shipping, ABS, FCC, Industry Canada, R&TTE ATEX, CSA, FM, INMETRO, EAC, IECEX, ANZEx, TIIS, NEPSI	CE, RCM, Lloyds Register of Shipping, ABS, BV, FCC, Industry Canada, R&TTE ATEX, CSA, FM, INMETRO, EAC, IECEX, TIIS, NEPSI, Functional safety SIL-2, EHEDG, 3-A, USP Class VI	CE, RCM, FCC, Industry Canada, R&TTE ATEX, CSA, FM, INMETRO, EAC, IECEX	CE, RCM, FCC, Industry Canada, R&TTE ATEX, CSA, FM, INMETRO, IECEX, EAC	CE, RCM, FCC, Industry Canada, R&TTE ATEX, CSA, FM, INMETRO, IECEX, NEPSI, EAC

Cuadro 1. (Continuación)



Figura 5. Sitrans Probe LR

Fuente: Catálogo Siemens, www.siemens.com/processinstrumentation

5.5.2. SELECCIÓN DEL MEDIDOR DE NIVEL ULTRASÓNICO

Varios son los fabricantes que ofrecen este dispositivo, sin embargo, por facilidad de obtención, se escoge nuevamente la marca Siemens.

El Cuadro 2, muestra una guía de selección del transmisor ultrasónico suministrada por Siemens en su catálogo, podemos ver que el Sitrans LU150 cumple con las especificaciones requeridas por la planta.

Ultrasonic Transmitter/Controller (Selection Guide)		
Criteria	SITRANS Probe LU	SITRANS LU150
Range	6 m (20 ft) or 12 m (40 ft)	0.25 ... 5 m (0.8 ... 16.4 ft)
Typical applications	Chemical storage vessels, filter beds, liquid storage vessels	Chemical storage vessels, filter beds, mud pits, liquid storage vessels, food applications
Output	HART model: 4 ... 20 mA/HART PROFIBUS PA model: PROFIBUS	4 ... 20 mA loop powered
Communications	HART or PROFIBUS PA Options: SIMATIC PDM for remote configuration and diagnostics	N/A
Power specifications	HART: 4 ... 20 mA, 24 V DC nominal, max. 550 Ω , 30 V DC PROFIBUS PA: 12, 13, 15, or 20 mA, dependent on programming	12 ... 30 V DC, 0.1 A surge, max. 600 Ω in the loop at 24 V DC
Approvals	CE, CSAUS/C, FM, RCM, ATEX, IECEx	CE, CSAUS/C, FM, ATEX

Cuadro 2. Transmisores ultrasónicos de Siemens
Fuente: Catálogo Siemens, www.siemens.com/processinstrumentation



Figura 6. Sitrans LU150
Fuente: Catálogo Siemens, www.siemens.com/processinstrumentation

5.5.3. PRECIO DEL MEDIDOR DE NIVEL POR RADAR VS MEDIDOR DE NIVEL ULTRASÓNICO

Como se ha demostrado anteriormente los medidores de nivel ultrasónico y de radar son las dos tecnologías que más se ajustan a los requerimientos de la planta, sin embargo, queda un criterio que decide finalmente cuál tecnología se tendrá en cuenta en el cálculo del costo de la implementación del sistema de medición de nivel, ese criterio es el valor de los equipos seleccionados. La Tabla 2, compara los precios de dichos instrumentos.

Equipo y tecnología	Precio por unidad (COP + IVA)
Sitrans Probe LR (Radar de pulsos)	\$ 9'194.400
Sitrans LU150 (Ultrasonido)	\$3'309.600

Tabla 2. Comparación de precios de instrumentos (Radar de pulsos Vs Ultrasónico)

5.6. SELECCIÓN DEL INDICADOR DE NIVEL

Los transmisores de nivel por ultrasonido, seleccionados en la sección 6.5.2, no cuentan con un display que indique el nivel del líquido leído en los silos, por esta razón se hace necesario incluir en el sistema de medición un indicador para cada silo que reciba la señal proveniente de los transmisores y muestre al operador en tiempo real el nivel de líquido en los silos.

Se escoge para indicación de nivel un Sitrans RD 100 de Siemens para cada transmisor, este dispositivo se muestra en la Figura 9.



Figura 7. Indicador digital Sitrans RD100
Fuente: Catálogo Siemens, www.siemens.com/processinstrumentation

5.7. IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE MEDICION DE NIVEL

Para la implementación del sistema de medición se tendrán las siguientes indicaciones:

1. Se ubicará un sensor por cada Silo, así mismo un indicador Led.
2. Los indicadores Led se ubicaran en un rack en la parte inferior, a su vez el inversor encargado de suplir la energía a los instrumentos se encontrara en un rack.

El diagrama de instalación es el siguiente:

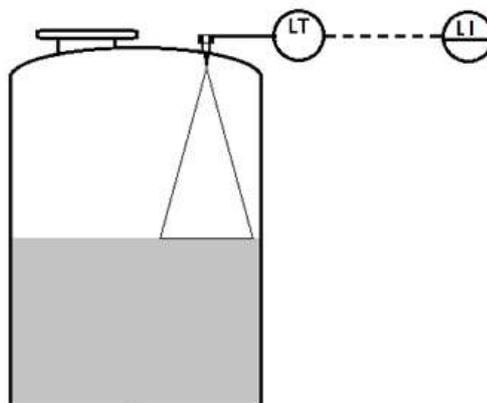


Figura 8. Esquema de la instrumentación implementada en los silos (Fuente: Autores)

La implementación final en campo será como se muestran en las siguientes figuras:



Figura 9. Ubicación del rack (Fuente: Autores)

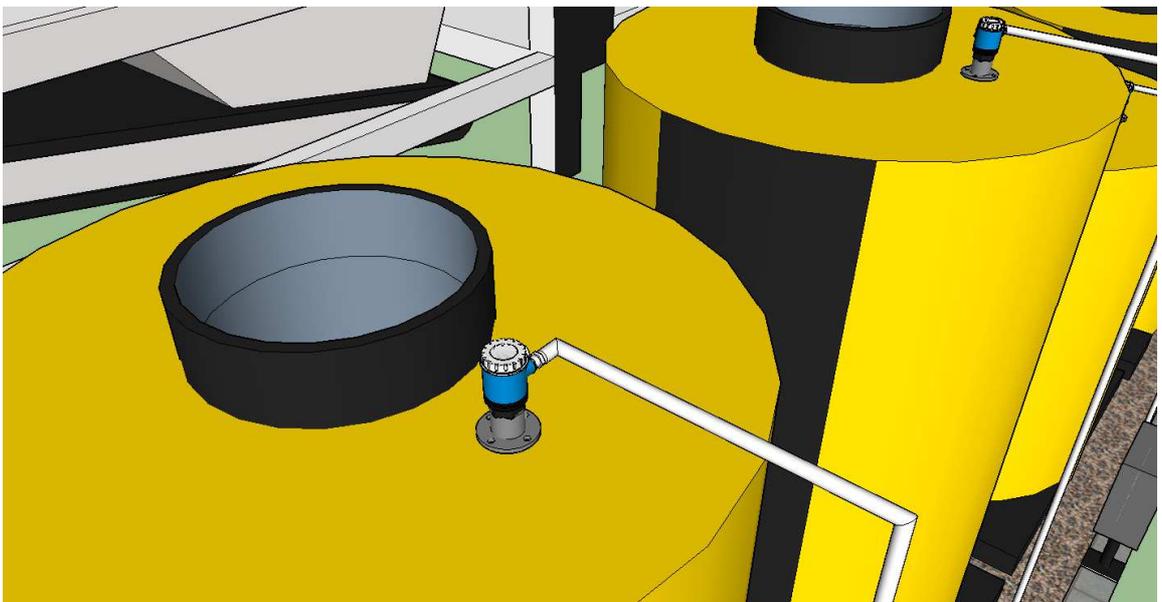


Figura 10. Ubicación de los sensores (Fuente: Autores)



Figura 11. Panorámica del sistema implementado (Fuente: Autores)

6. EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO

6.1. COSTOS DEL PROYECTO

Los costos de este proyecto se encuentran relacionados y descritos en la Tabla 3, la cual se elaboró a partir de las cotizaciones solicitadas a Siemens en Barranquilla, y a un proveedor de servicios de ingeniería, montaje y mantenimiento industrial, localizado en la ciudad de Bogotá.

6.1.1. COSTOS DE INSTRUMENTOS Y FUENTE ELECTRÓNICA

ITEM	CRITERIO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO + IVA (COP)	COSTO TOTAL + IVA (COP)
1	Transmisor de nivel por ultrasonido Sitrans LU150 (Siemens)	4Und	\$ 3'309.600	\$ 13'238.400
2	Indicador Digital Sitrans RD 100 (Siemens)	4Und	\$ 1'507.800	\$ 6'031.200
3	Fuente electrónica de 120 VAC a 24 VDC, 5 amperios (Omron).	1Und	\$ 450.000	\$ 450.000
SUBTOTAL				\$ 19'719.600

Tabla 3. Costos de instrumentos y fuente electrónica

6.1.2. COSTOS DE MATERIALES

ITEM	CRITERIO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO + IVA (COP)	COSTO TOTAL (COP)
1	Cofre termoplástico, tapa transparente de 440 x 285 x 155 mm	1 Und	\$ 520.000	\$ 520.000
2	Cable de 6 x 18 AWG	60 mts	\$ 8.462/mt	\$ 507.720
3	Coraza americana de ½ pulg.	20 mts	\$ 3.500/mt	\$ 70.000
4	Coraza americana de 1 pulg.	10 mts	\$ 6.500/mt	\$ 65.000
5	Fusibles rápidos de 500 mA	4Und	\$ 8.750	\$ 35.000
6	Bridas ANSI de 2 pulg. PVC	4Und	\$ 37.500	\$ 150.000
7	Adaptadores hembra PVC 2 pulg + tubo	4 Und	\$ 17.500	\$ 70.000
8	Empaques de caucho de 2 pulg.	4 Und	\$ 11.000	\$ 44.000
9	Tornillos de ½ " x 2" galvanizados con arandela y tuerca	16 Und	\$ 1.250	\$ 20.000
10	Conduletas en T roscadas de 1 "	3 Und	\$ 7.500	\$ 22.500
11	Conectores rectos de coraza americana de ½ pulg.	4 Und	\$ 3.000	\$ 12.000
12	Conectores rectos de coraza americana de 1 pulg.	9 Und	\$ 7.800	\$ 70.200
13	Reducción bushing de 1 " a ½ "	5 Und	\$ 4.000	\$ 20.000
14	Soportes para tubería, chazos puntilla, cables de interconexión, tornillos y marquillas.			\$ 230.000
SUBTOTAL				\$ 1'836.420

Tabla 4. Costos de materiales

6.1.3. COSTOS RELATIVOS AL MONTAJE DEL SISTEMA DE MEDICIÓN DE NIVEL

ITEM	CRITERIO	COSTO TOTAL + IVA (COP)
1	Instalación del sistema de medición de nivel y puesta en marcha.	\$ 1'300.000
2	Viáticos para 1 persona (incluye traslado aéreo Bogotá - Cartagena, y Cartagena - Bogotá).	\$ 1'200.000
SUBTOTAL		\$ 2'500.000

Tabla 5. Costos relativos al montaje del sistema de medición de nivel

En estos costos se considera la posibilidad de que el contratista que vaya a instalar el sistema, no esté radicado en esta ciudad sino en otra como por ejemplo Bogotá. Esto se hace para preparar el presupuesto en caso de que por alguna eventualidad no se logre contratar los servicios de un experto local.

6.1.4. COSTOS DE LA INVERSIÓN INICIAL

CRITERIO	COSTO TOTAL + IVA (COP)
Costos de instrumentos más fuente electrónica	\$ 19'719.600
Costos de materiales	\$ 1'836.420
Costos montaje y puesta en marcha del sistema de medición	\$ 2'500.000
TOTAL	\$ 24'056.020

Tabla 6. Costos de la inversión inicial

6.1.5. COSTO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA

Para la estimación de este costo se tiene en cuenta el consumo anual de energía eléctrica del sistema de medición. Además, se considera que el sistema estará en operación continua los 365 días del año.

- **Consumo de energía eléctrica de los transmisores ultrasónicos Sitrans LU150:**

La potencia máxima de este instrumento es 0.75 Vatios, (Ver Anexo A).

$$\frac{\text{Energía}}{\text{año}} = \frac{0.75 \text{ W}}{1000} * \frac{8760 \text{ horas}}{1 \text{ año}} = 6,57 \frac{\text{KWh}}{\text{año}}$$

En total los 4 transmisores ultrasónicos consumen 26,28 KWh/año.

- **Consumo de energía eléctrica de los indicadores de nivel Sitrans RD100:**

$$\text{Potencia} = 30 \text{ Voltios DC} * 0,020 \text{ Amperios DC} = 0,6 \text{ W}$$

$$\frac{\text{Energía}}{\text{año}} = \frac{0,6 \text{ W}}{1000} * \frac{8760 \text{ horas}}{1 \text{ año}} = 5,256 \frac{\text{KWh}}{\text{año}}$$

En total los 4 indicadores consumen 21,024 KWh/año.

- **Consumo de energía eléctrica de la fuente electrónica:**

A partir de las especificaciones técnicas de la fuente electrónica, se calcula su potencia a su máxima operación.

$$Potencia = 24 \text{ Voltios DC} * 5 \text{ Amperios DC} = 120 \text{ W}$$

$$\frac{Energía}{año} = \frac{120 \text{ W}}{1000} * \frac{8760 \text{ horas}}{1 \text{ año}} = 1051,2 \frac{KWh}{año}$$

- **Costo total de energía anual consumida por el sistema de medición**

La Tabla 7, muestra la energía eléctrica anual en KWh consumida por el sistema.

INSTRUMENTO/EQUIPO	KWh/año
Transmisores de nivel	26,28
Visualizadores de señal	21,02
Fuente electrónica	1051,20
TOTAL	1098,50

Tabla 7. Energía consumida anualmente por el sistema

Actualmente el precio del KWh para la zona en la que se encuentra localizada la planta es de 380 COP (incluyendo iva).

Finalmente el costo total de operación del sistema es:

$$\frac{Costo \text{ operación}}{año} = 1098,5 \frac{KWh}{año} * \frac{\$ 380}{KWh} = \$ 417.430,00/año$$

6.2. CÁLCULO DEL AHORRO ANUAL

Con la implementación del sistema de medición en los silos, se prescinde de los servicios de topografías, representando un ahorro para la compañía, equivalente a:

SERVICIO DE TOPOGRAFIA	COSTO MENSUAL COP+IVA	COSTO ANUAL COP+IVA
Medición directa de nivel de aditivos en 4 silos	\$ 833.000	\$ 9'996.000

Tabla 8. Ahorro anual

6.3. RETORNO SOBRE LA INVERSIÓN

A continuación se calcula el retorno sobre la inversión (RSI) que se espera para este proyecto. Aquí se tendrá en cuenta el ahorro generado durante el primer año, luego de instalado el sistema de medición. También se considera el costo concerniente al funcionamiento del sistema para el mismo periodo de operación.

Inversión Inicial:	\$ 24'056.020,00
Costo por funcionamiento del sistema:	\$ 417.430,00
Ahorro anual:	\$ 9'996.000,00

$$RSI = \frac{\text{Ahorro anual}}{(\text{Inversión inicial} + \text{Costo de funcionamiento})}$$

$$RSI = \frac{9996000}{(24056020 + 417430)} * 100 = 41 \%$$

El resultado anterior indica que el primer año se recupera el 41% del costo del proyecto, y el 100 % a los 2,5 años.

7. CONCLUSIONES

En el diseño del sistema de medición de nivel de líquido en los silos, varias son las tecnologías que se pudieron haber implementado, en primera instancia se descartaron aquellas cuyos instrumentos de medida contenían elementos o partes que estarían en contacto con los aditivos y pudiesen crear la necesidad de una mayor inspección, diagnóstico o mantenimiento de los mismos, y que en última instancia se traducirían en mayores costos operativos, menor vida útil de los equipos y costos anticipados por reemplazo de instrumentos.

El medidor de nivel ultrasónico fue la tecnología más conveniente para este proyecto, si bien la tecnología de radar de pulsos también se ajustaba a las condiciones de la planta, fue aquella la que se seleccionó para el diseño del sistema de medición. La razón principal de esta selección fue el precio, otra razón fue la temperatura dentro de los silos, ya que los equipos no estarían expuestos a temperaturas ni muy bajas ni muy altas, sino a temperatura ambiente entre 26 °C y 38 °C regularmente.

La evaluación financiera confirma la viabilidad de este proyecto, pues se prevé que en un término de 2,5 años se tendrá una recuperación total de toda la inversión y que a partir de entonces el sistema de medición sólo generará un costo de funcionamiento de \$417.000,00 (COP) al año, cifra que es significativamente más baja que lo que cuesta el servicio de topografía durante el mismo lapso, es decir \$ 9'996.000,00 (COP)/año.

8. RECOMENDACIONES

Para futuros proyectos relacionados con este, se recomienda desarrollar prontamente el diseño del sistema de medición y la selección de los instrumentos, para luego pasar a solicitar con suficiente tiempo las cotizaciones a los distintos fabricantes, pues a pesar de que se contactaron varias marcas proveedoras de instrumentos industriales, sólo de dos se obtuvieron respuestas, escogiéndose por lo tanto la alternativa más favorable.

Una vez se tenga implementado el sistema, se debe incluir en la rutina de inspección, una limpieza externa, cada cierto tiempo, de los medidores ultrasónicos instalados en los silos, ya que éstos quedan expuestos al material particulado que se encuentra constantemente en el ambiente de la planta y que proviene del proceso de producción y almacenamiento de cemento.

BIBLIOGRAFÍA

American National Standards Institute & International Society of Automation. ANSI/ISA-5.1: Instrumentation symbols and identification. North Carolina, USA: ANSI, 2009. 128 p.

CREUS, Antonio. Instrumentación industrial. 6 ed. Bogotá: Alfaomega S.A., 1999. 644 p. ISBN 958-682-135-8.

Omron. Reference: S8VS-12024A. [Información en Internet]. <https://www.ia.omron.com/product/item/5459/>, [Consulta: 30 de mayo de 2017].

Rosemount. Serie 5400: Transmisor de nivel por radar sin contacto, de dos hilos y con las mejores prestaciones. Hoja de datos del producto, marzo de 2012. 38 p.

Siemens. Fields instruments for process automation. Catalog: FI 01, 2016. 1594 p.

ANEXO A

(FICHA TÉCNICA DEL MEDIDOR DE NIVEL ULTRASÓNICO SITRANS LU150)

Level Measurement

Continuous level measurement - Ultrasonic transmitters

SITRANS LU150

Overview



SITRANS LU150 is a short-range integrated ultrasonic level transmitter. This general purpose, 2-wire, 4 to 20 mA loop powered transmitter is ideal for liquids, slurries, and bulk materials in open or closed vessels to 5 m (16.4 ft).

Benefits

- Easy to install, program, and maintain
- Accurate and reliable
- Sanitary models available
- Patented Sonic Intelligence echo processing
- Integral temperature compensation

Application

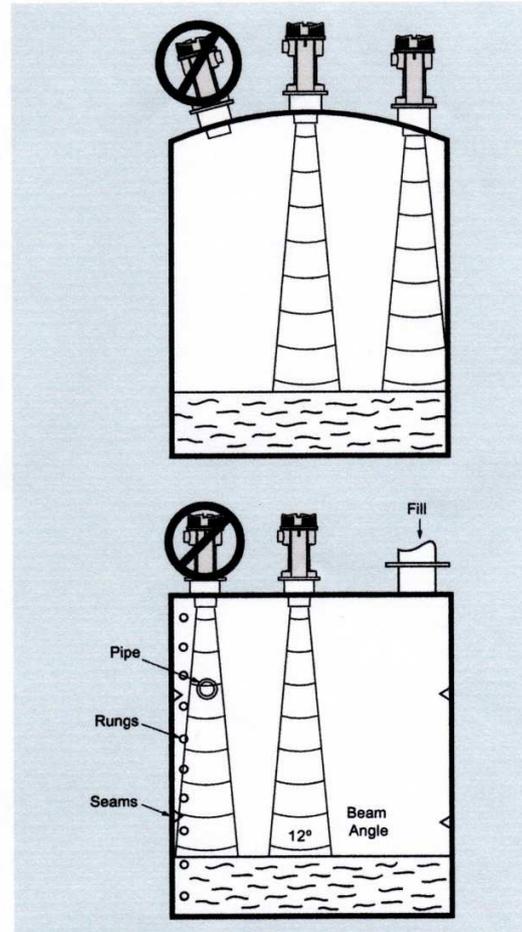
The transducer is available in PVDF copolymer, making the device suitable for use in a wide variety of applications.

SITRANS LU150 is easy to install and maintain, and can be quickly removed for cleaning as required by the food, beverage and pharmaceutical industries.

The reliability of the level data is based on the Sonic Intelligence echo processing algorithms. A filter discriminates between the true echo and false echoes from acoustic or electrical noises and agitator blades in motion. The ultrasonic pulse propagation time to the material and back is temperature-compensated and converted into distance for display, analog output.

- Key Applications: chemical storage vessels, filter beds, mud pits, liquid storage vessels, food applications

Configuration



SITRANS LU150 mounting

Level Measurement

Continuous level measurement - Ultrasonic transmitters

SITRANS LU150

Technical specifications

Mode of Operation	
Measuring principle	Ultrasonic level measurement
Input	
Measuring range	0.25 ... 5 m (0.8 ... 16.4 ft)
Frequency	54 kHz
Output	
mA	4 ... 20 mA
• Span	Proportional/ inversely proportional
• Max. load	600 Ω in the loop at 24 V DC
Power supply	
Supply voltage	12 ... 30 V DC, 0.1 A surge
Max. power consumption	0.75 W (25 mA at 24 V DC)
Certificates and approvals	
	CE, CSA _{US/IC}
Accuracy	
Error in measurement	0.25 % of measuring range (in air)
Resolution	3 mm (0.125 inch)
Temperature compensation	Built in
Echo processing	Sonic Intelligence
Rated operation conditions	
Beam angle	12°
Ambient temperature	
• Standard	-30 ... +60 °C (-22 ... +140 °F)
• Metallic mounting	-20 ... +60 °C (-4 ... +140 °F)
Max. static operating pressure	Normal atmospheric pressure
Design	
Weight	1.3 kg (2.9 lb)
Material	
• Electronics enclosure	PBT
• Transducer	PVDF copolymer
Degree of protection	IP68 / NEMA 6 / TYPE 6
Process connection	<ul style="list-style-type: none"> • 2" NPT [(Taper), ANSI/ASME B1.20.1] • R 2" [(BSPT), EN 10226] • G 2" [(BSPP), EN ISO 228-1] • 4" sanitary
Flange adapter	3" Universal, (fits DN 65, PN 10 and 3" ASME)
Cable inlet	1 inlet for M20, optional 1/2" NPT

Selection and Ordering data

SITRANS LU150	Article No.
Short-range integrated ultrasonic level transmitter, general purpose, 2-wire, 4 to 20 mA loop powered ideal for liquids, slurries, and bulk materials in open or closed vessels to 5 meters (16.4 feet)	7ML5201-000
Click on the Article No. for the online configuration in the PIA Life Cycle Portal.	
Transducer/Process connection (PVDF)	
PVDF copolymer, 2" NPT [(Taper), ANSI/ASME B1.20.1]	E
PVDF copolymer, R 2" [(BSPT), EN 10226]	F
PVDF copolymer, G 2" [(BSPP), EN ISO 228-1]	G
PVDF copolymer, 4" Sanitary mounting	J
Cable inlet	
M20 x 1.5 [General Purpose cable gland -20 ... +60 °C (-4 ... +140 °F) included]	B
1/2" NPT stainless steel entry (no cable gland included)	C
<ul style="list-style-type: none"> • We can offer shorter delivery times for configurations designated with the Quick Ship Symbol . For details see page 10/11 in the appendix. 	

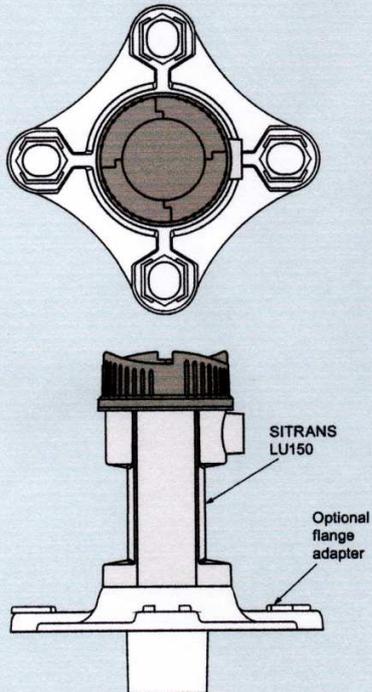
Selection and Ordering data

Further designs	Order code
Please add "-Z" to Article No. and specify Order code(s).	
Stainless steel tag [13 x 45 mm (0.5 x 1.75 inch)]; Measuring-point number/ identification (max. 20 characters) specify in plain text	Y15
Test certificate: Manufacturer's test certificate M to DIN 55350, Part 18 and to ISO 9000	C11
Operating Instructions	Article No.
English	A5E34590123
German	A5E36369862
Note: Operating instructions should be ordered as a separate line on the order	
All literature is available to download for free, in a range of languages, at http://www.siemens.com/processinstrumentation/documentation	
Accessories	
Tag, stainless steel, 12 x 45 mm (0.47 x 1.77 inch), one text line	7ML1830-1AC
Universal Box Bracket Mounting kit	7ML1830-1BK
Sanitary 4" mounting clamp	7ML1830-1BR
3" ASME, DN 65 PN 10, JIS 10K 3B ETFE Flange adapter for 2" NPT	7ML1830-1BT
3" ASME, DN 65 PN 10, JIS 10K 3B ETFE Flange adapter for 2" BSPT	7ML1830-1BU
2" NPT locknut, plastic	7ML1830-1DT
2" BSPT locknut, plastic	7ML1830-1DQ
Cable Gland - General Purpose -20 ... +60 °C (-4 ... +140 °F)	A5E34457564

Options

SITRANS LU150, Flange Adapter

The SITRANS LU150 can be fitted with the optional 75 (3) flange adapter for mating to 3" ANSI, DIN 65 PN10 and JIS 10K3B flanges.



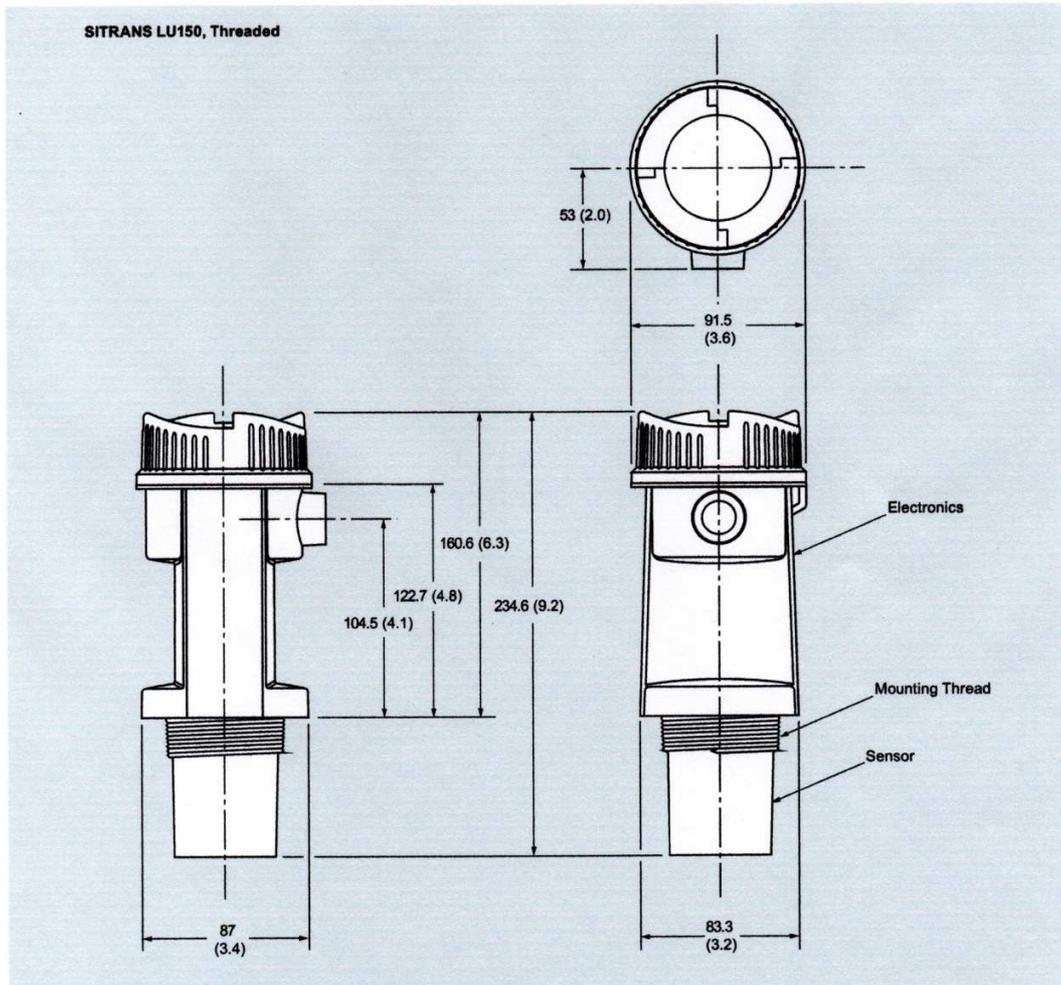
SITRANS LU150 optional flange adapter, dimensions in mm (inch)

Level Measurement

Continuous level measurement - Ultrasonic transmitters

SITRANS LU150

Dimensional drawings



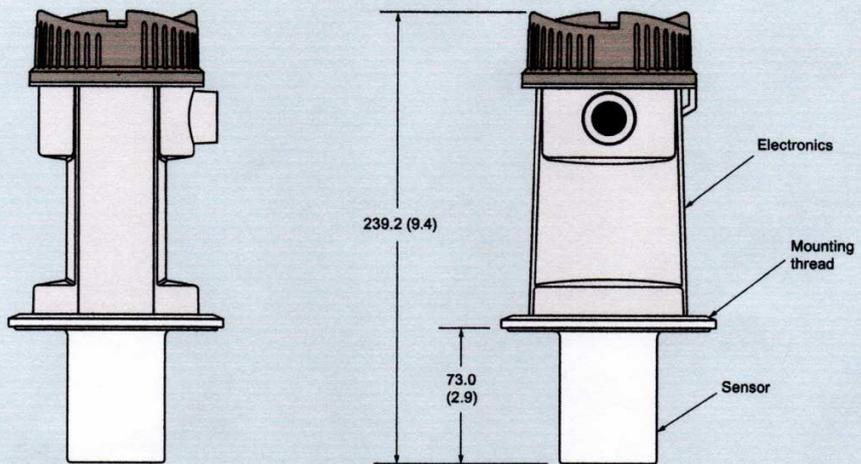
SITRANS LU150, dimensions in mm (inch)

Level Measurement

Continuous level measurement - Ultrasonic transmitters

SITRANS LU150

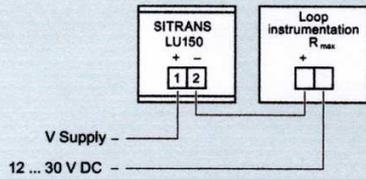
SITRANS LU150, Sanitary



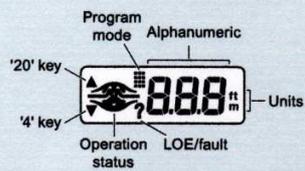
SITRANS LU150, dimensions in mm (inch)

Schematics

Threaded and Sanitary models



Display



SITRANS LU150 connections

ANEXO B

(FICHA TÉCNICA DEL VISUALIZADOR DE SEÑAL SITRANS RD100)

Supplementary Components

Displays

SITRANS RD100

Overview



The SITRANS RD100 is a 2-wire loop powered, NEMA 4X enclosed remote digital display for process instrumentation.

Benefits

- Easy setup
- Approved for hazardous locations
- NEMA 4X, IP67 impact-resistant enclosure
- Simple two-step calibration
- Two modes of input allow for easy servicing, with no interruption of loop required

Application

The RD100 is very versatile. It can be installed indoors or outdoors, in hot or cold environments, and in safe or hazardous areas.

It has been approved by FM and CSA as Intrinsically Safe and non-incendive, and operates from -40 to +85 °C (-40 to +185 °F), adding only 1 V to the loop.

Calibration consists of a quick two-step process involving the adjustment of only two non-interacting potentiometers.

- Key Applications: remotely displays process variables in level, flow, pressure, temperature, and weighing applications, in a 4 to 20 mA loop.

Technical specifications

Mode of operation	
Measuring principle	Analog to digital conversion
Measuring range	4 ... 20 mA
Measuring points	1 instrument only
Accuracy	± 0.1 % of span ± 1 count
Rated operating conditions	
Ambient conditions	
• Operating temperature range	-40 ... +85 °C (-40 ... +185 °F)
Design	
Weight	340 g (12 oz)
Material (enclosure)	Impact-resistant glass filled polycarbonate body and clear polycarbonate cover
Degree of protection	NEMA 4X, IP67

Power supply

External loop power supply 30 V DC max.

Display

- 1.0 inch (2.54 cm) high LCD
- Numeric range from -1 000 ... +1 999

Certificates and approvals

Non-hazardous	CE
Hazardous	
• Intrinsically Safe	• CSA/FM Class I, II, III, Div. 1, Groups A, B, C, D, E, F, G T4
	• CSA/FM Class I, Zone 0, Group IIC
• Non-incendive	• CSA/FM Class I, Div. 2, Groups A, B, C, D
	• CSA/FM Class II and III, Div. 2, Groups F and G

Options

- Mounting
- 2 inch (5.08 cm) pipe mounting kit (zinc plated or stainless steel)
 - Panel mounting kit

Selection and Ordering data

Article No.

SITRANS RD100

A 2-wire loop powered, NEMA 4X enclosed remote digital display for process instrumentation.

7ML5741-

000-0

Click on the Article No. for the online configuration in the PIA Life Cycle Portal.

Conduit hole location (1/2 inch)

None	▶ 1
Bottom	▶ 2
Rear	• 3
Top	• 4

Approvals

FM/CSA
CE

A
B

▶ Available ex stock. For details see page 9/5 in the appendix.

• We can offer shorter delivery times for configurations designated with the Quick Ship Symbol . For details see page 9/5 in the appendix.

Selection and Ordering data

Article No.

Operating Instructions

All literature is available to download for free, in a range of languages, at <http://www.siemens.com/processinstrumentation/documentation>

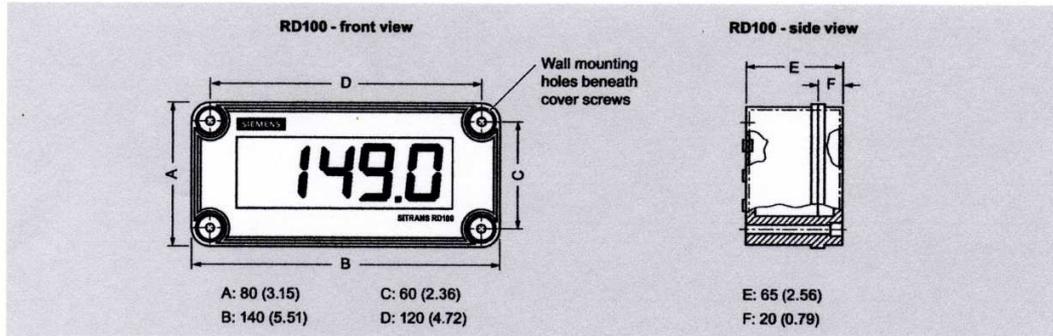
This device is shipped with the Siemens Level and Weighing manual DVD containing Quick Starts and Operating Instructions.

Accessories

- Panel mount kit
- 2 inch (5.08 cm) pipe mounting kit (zinc plated seal)
- 2 inch (5.08 cm) pipe mounting kit (stainless steel, Type 304, EN 1.4301)

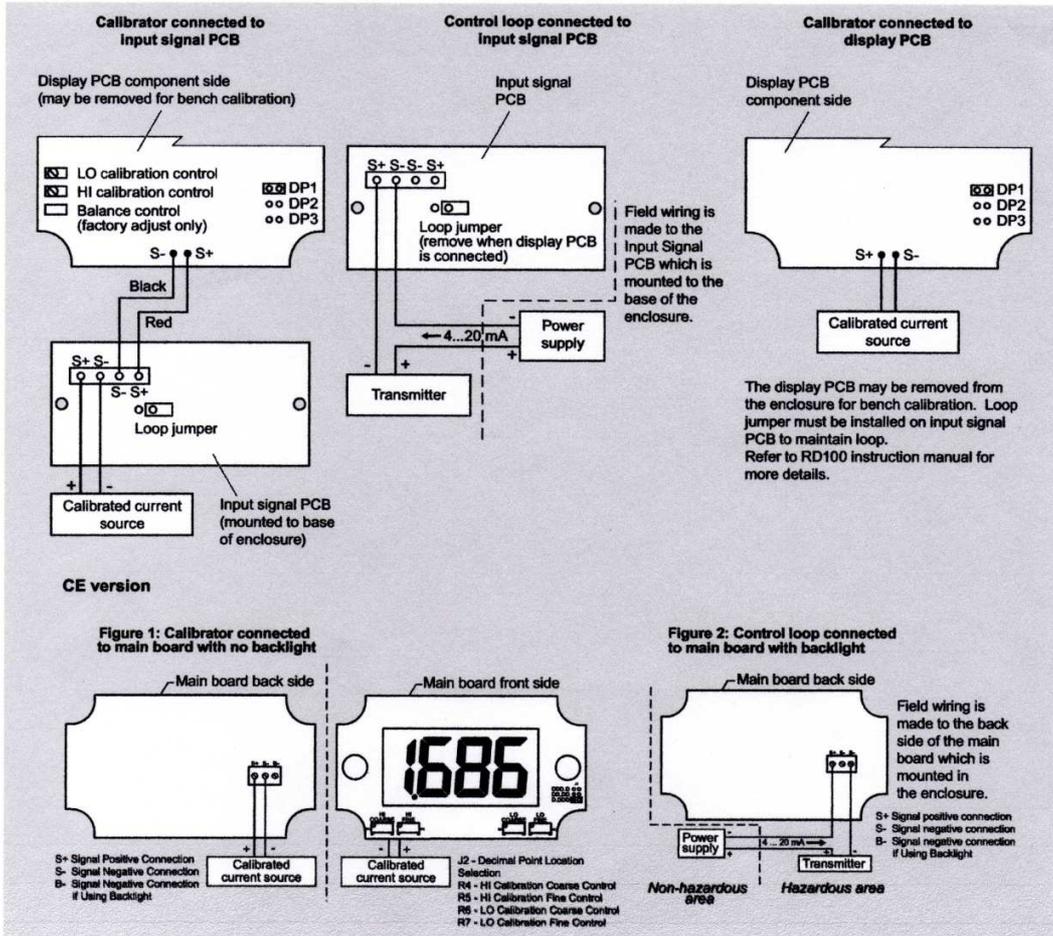
7ML1930-1BN
7ML1930-1BP
7ML1930-1BQ

Dimensional drawings



SITRANS RD100, dimensions in mm (inch)

Schematics



SITRANS RD100 connections

ANEXO C

(DATOS TÉCNICOS DE LA FUENTE ELECTRÓNICA OMRON)

Switch Mode Power Supply (15/30/60/90/120/180/240/480-W Models)

English

Print Page

S8VS-12024A



Image

Case model, Input: 100 to 240 VAC, Power rating 120 W, Output: 24 VDC, Terminal blocks (Screw terminal), Display monitor, Undervoltage alarm (Sinking), DIN Rail mounting, Harmonic current emissions

Power rating	120 W
Rated input voltage	100 to 240 VAC
Output voltage	24 VDC
Heat radiation	Natural air-cooling
Construction	Covered type
Terminal type	Screw terminal
Structure	Terminal blocks
Mounting type	DIN Rail mounting

[Item list of S8VS](#)

Series

Switch Mode Power Supply (15/30/60/90 /120/180/240/480-W Models)

[S8VS](#)

[Catalog](#)

about this Product

[Inquiry of this Product](#)

Power rating	120 W
Efficiency	83% TYP. (at 100 VAC input) 85% TYP. (at 200 VAC input)
Rated input voltage	100 to 240 VAC
Allowable input voltage variable range	85 to 264 VAC 80 to 370 VDC
Note at DC input	The range for compliance with EC Directives and safety standards (UL, EN, etc.) is 100 to 240 VAC (85 to 264 VAC).
Frequency	50/60 Hz (47 to 63 Hz)
Rated input current	1.5 A TYP. (at 100 VAC input) 0.72 A TYP. (at 200 VAC input)
Power factor	0.9 min.
Leakage current	0.5 mA max. (at 100 VAC input) 1.0 mA max. (at 200 VAC input)
Inrush current	14 A TYP. (at 100 VAC input) 28 A TYP. (at 200 VAC input)
Output voltage	24 VDC
Output voltage variable range	-10 to +15% (With V. ADJ)
Ripple	130 mV max. (Under the rated I/O conditions.)
Static input variation influence	0.5% max. at 85 to 264 VAC input, 100% load
Static load variation influence	1.5% max. at rated input, 0 to 100% load
Ambient temperature variation influence	0.05 %/°C max.
Rated output current	5 A
Start up time	650 ms TYP. (at 100 VAC input) 520 ms TYP. (at 200 VAC input)
Hold time	56 ms TYP. (at 100 VAC input) 56 ms TYP. (at 200 VAC input)

Overload protection	105% to 160% of the rated output current, Inverted L voltage drop, Automatic reset
Overvoltage protection	Operated at 130% min. of the rated output voltage, Shut-off Resetting: Reset the power by turning it back (OFF time: at least 3 min)
Overheat protection	No
Output voltage indication	Yes (Resolution: 0.1V / Accuracy: $\pm 2\%$ (percentage of output voltage value) ± 1 digit max.)
Output current indication	Yes (Resolution: 0.1A / Accuracy: $\pm 5\%$ F.S. (percentage of rated output current value) ± 1 digit max.)
Peak-hold current indication	Yes (Resolution: 0.1A / Accuracy: $\pm 5\%$ F.S. (percentage of rated output current value) ± 1 digit max. / Minimum detectable signal width: 20 ms)
Maintenance forecast monitor indication	Yes
Maintenance forecast monitor output	Yes
Undervoltage alarm output	Yes (open collector output), 30 VDC max., 50 mA max., Sinking (NPN)
Power failure alarm output	No
Parallel operation	No (However, backup operation is possible; external diodes required.)
Series operation	Yes (Up to 2 Power Supplies with external diode)
Dielectric strength	Between all inputs and all outputs/alarm outputs: 3 kVAC for 1 min (Detection current: 20 mA) Between all inputs and PE terminals: 2 kVAC for 1 min (Detection current: 20 mA) Between all outputs/alarm outputs and all PE terminals: 1 kVAC for 1 min (Detection current: 20 mA) Between all outputs and all alarm outputs: 500 VAC for 1 min (Detection current: 20 mA)
Insulation resistance	Between all outputs/alarm outputs and all inputs/PE terminals: 100 M Ω min. (at 500 VDC)
Vibration resistance	10 to 55 Hz, 0.375 mm single amplitude in each 3 directions for 2 hours
Shock resistance	150 m/s ² , in each 6 directions 3 times
Output indicator	Yes (color: green)
Heat radiation	Natural air-cooling
Construction	Covered type
Structure	Terminal blocks
Terminal type	Screw terminal
Attachment	Terminal block cover
Weight (Main)	Approx. 550 g

Do not use the Inverter output for the Power Supply. Inverters with an output frequency of 50/60 Hz are available, but the rise in the internal temperature of the Power Supply may result in ignition or burning.